

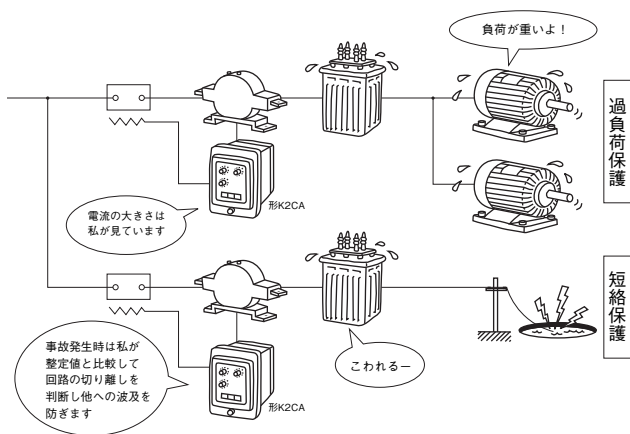
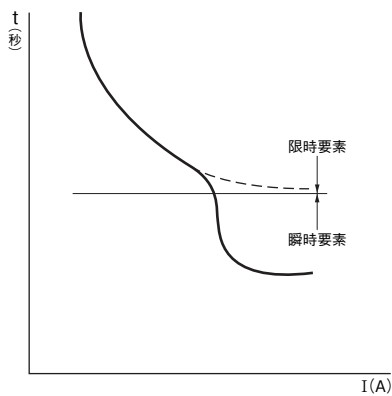
概要

保護機器の概要

過電流保護継電器とは

過電流継電器(OCR=Over Current Relay)は、電路の短絡や負荷の過負荷による過電流を交流器(CT)により取り出し、その電流値の大きさによって動作する継電器です。一般に、JIS C 4602(高圧受電用過電流継電器)に規定される過電流継電器が使用されます。

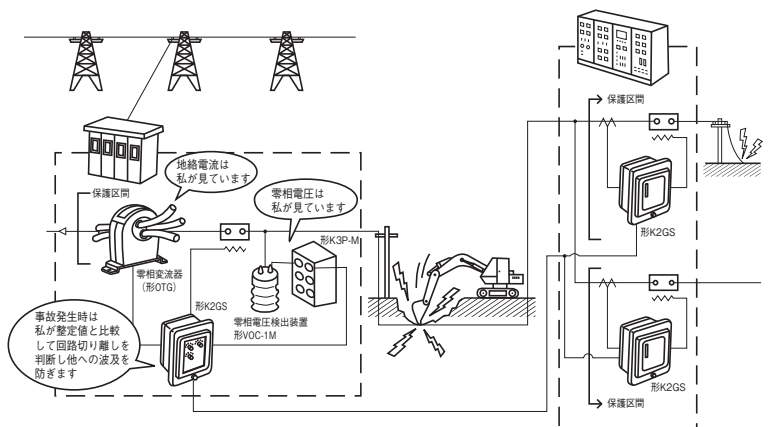
過電流継電器には瞬時要素と限時要素の2つの動作要素があり、瞬時要素は契約最大電力の500~1,500%の電流を検出して動作します。限時要素は、電流の大きさが大きくなるに従って早い時間で動作するように反限時特性をもち、瞬時要素は短時間の定限時特性をもち、どちらの要素が働いたかは継電器自身が備えている動作表示器で区別がつき、事故処理に役立ちます。



地絡継電器とは

地絡継電器は電路におけるケーブル・電気機器の絶縁が劣化、または破壊し、アーク地絡・完全地絡を起こし、電路と大地間が接触する事故を検出する継電器です。この継電器は電力の受電側で地絡事故が発生した場合、受電側のみを断して事故を限定化し、上位である配電用変電所への波及を未然に防ぐ目的で使用されます。この保護目的のため上位(電力会社の配電用変電所)との保護協調を必要とします。

継電器としては、事故電流を零相変流器(ZCT)で検出し、その大きさのみで動作する地絡継電器(GR=Ground Relay)と事故電流をZCT、および零相電圧検出装置(ZPD)の組み合わせで検出し、その大きさと両者の位相関係で動作する地絡方向継電器(DGR=Directional Ground Relay)の2種類に大別されております。一般的にはGRが多く使用されておりますが、最近では設備内ケーブル長が長くなる場合が多いため、他回線事故での誤動作防止として、DGRが使われる場合が多くなっています。



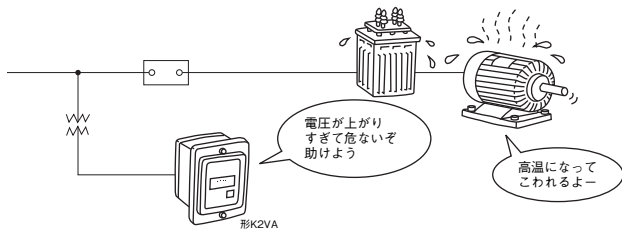
電圧継電器とは

異常電圧には発電機の故障による電圧の急上昇や、停電または短絡による電圧低下などがあります。

電圧継電器は交流回路の電圧変動に応じて、電圧があらかじめ設定した状態に達したとき、これを検出して動作する継電器です。基本的な動作の区別としては過電圧検出、不足電圧検出の2種があります。

過電圧継電器 (OVR)

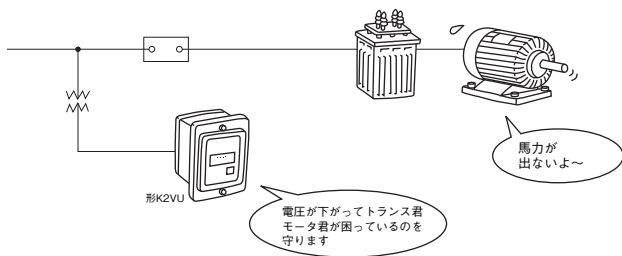
電圧が設定値を超えたとき、接点動作を行い、警報あるいは、しゃ断器の引きはずしなどの動作を行う継電器です。



不足電圧継電器 (UVR)

電圧が設定値以下になったとき、動作する継電器です。

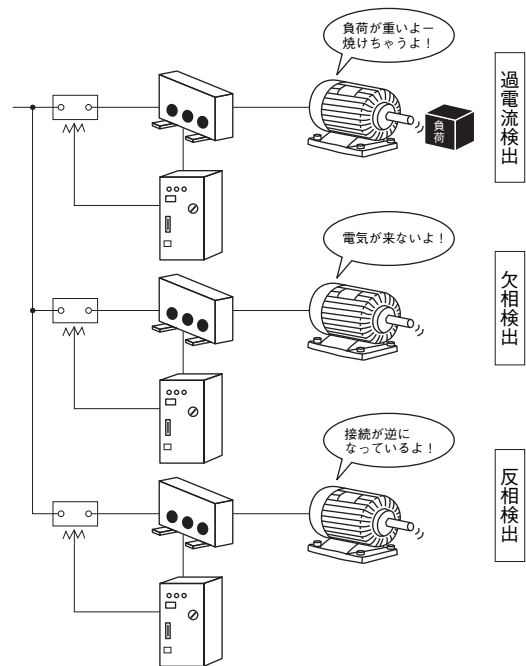
主な用途としては、電圧低下保護、配電線の短絡故障検出などに用いられます。



モータ・リレーとは

モータといってもたくさんの種類がありますが、産業設備の動力用として最も普及しているのは三相誘導電動機で、これを保護するものを単にモータ・リレーと呼んでいます。モータの保護は重要です。

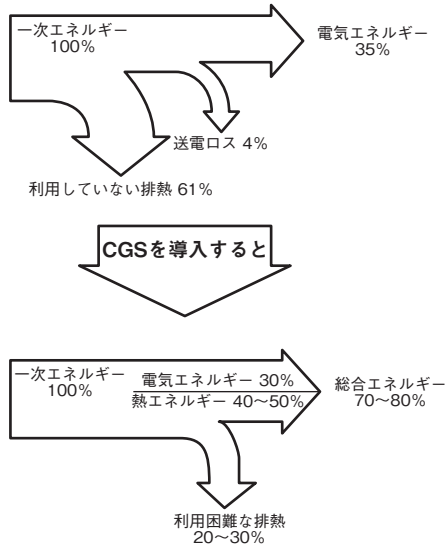
異常を早く検出してモータ自身とそれにつながる負荷の被害を最小限にくいとめ、深井戸ポンプ用など取り換えに非常に手数のかかるものは焼損しないように保護しなければなりません。モータへの小型化・軽量化などの要求が厳しくなり、重要度が増すにつれて、それを保護するモータ・リレーにもだんだん高性能、高信頼度が要求され、従来の単純なサーマル形から静止形(トランジスタ形)へと移行しています。



系統連系用保護機器とは

CGSとは

CGS(Co-Generation System)とは、分散型電源のひとつでガスエンジンやガスタービンなどの原動機により発電機を駆動し、電力を構内負荷に供給すると共に、原動機の排熱を利用して暖房・給湯あるいは冷房を行うものです。エネルギーの総合効率を高めるシステムで、熱供給発電システムと呼ばれます。21世紀に向かってのエネルギービジョンとして、通産省資源エネルギー庁が中心となり、複合エネルギー時代の幕開けと提唱されている自家発電システムです。



なぜ連系用保護継電器が必要か

従来の受電端の保護システムでは、需要家構内事故(短絡・地絡)のみに対応して、受電端のしゃ断器を動作させていました。

しかし、電力系統に連系される分散型電源においては

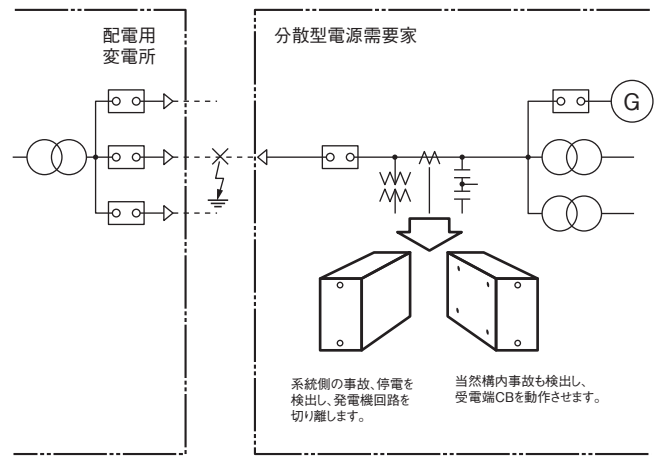
- (1) 公衆および作業者の安全確保と、電力供給設備または他の需要家の設備に悪影響を及ぼさないこと。
- (2) 供給信頼度と電気の品質の面で、他の需要家に悪影響を及ぼさないこと。

を実現する必要があります。すなわち、需要家構内事故のみでなく、電力系統側の停電や事故においてもこれを検出し、発電機を系統から解列しなければなりません。

具体的には

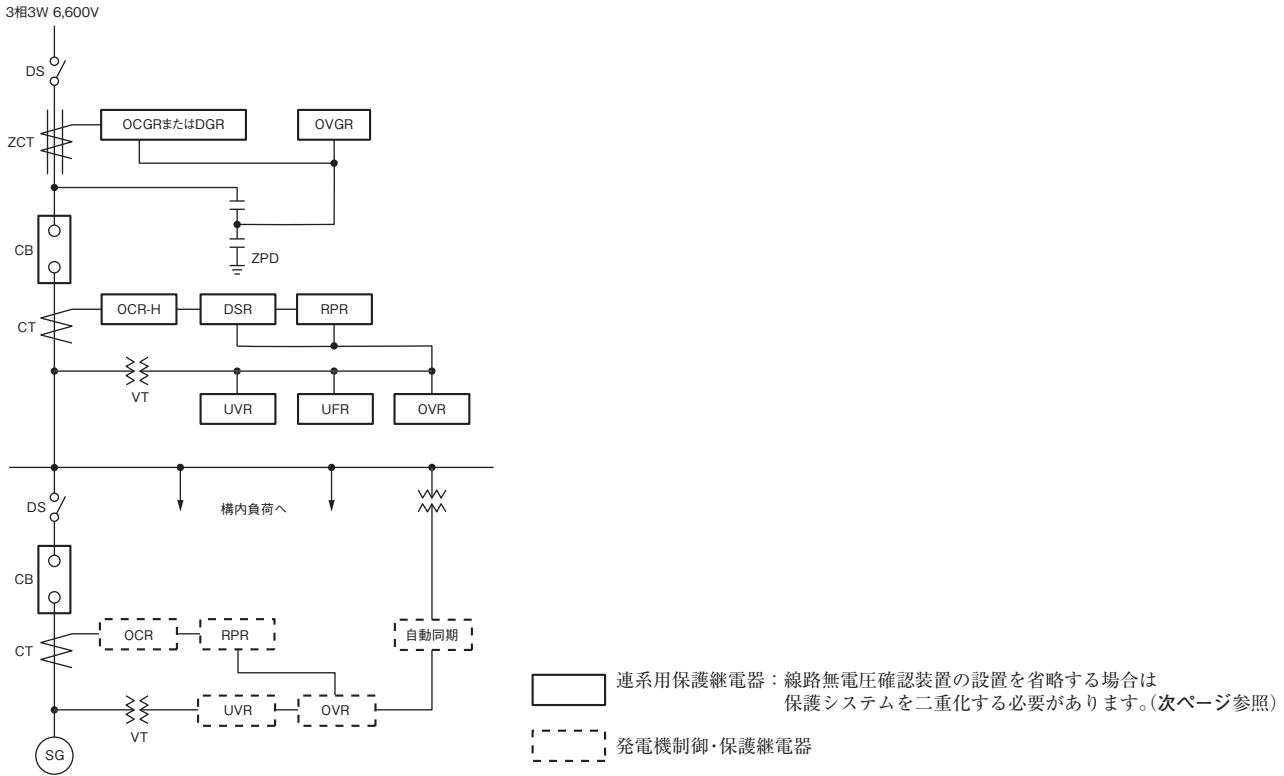
- (1) 発電機から系統の事故点に事故電流を供給させない。
- (2) 逆潮流を許容しない場合は、系統側に電力を送出させない。
- (3) 系統での再開路時に、両者の電圧を非同期状態で結合させない。

などがあげられます。このシステムは、資源エネルギー庁からの「電力系統連系技術要件ガイドライン」に示されており、これに適合している場合に電力系統への連系が可能になります。



連系用保護継電器は、連系する系統の種類(高圧連系か特高連系か)・分散型電源需要家の発電機の種類(同期発電機か誘導発電機か)・系統の重要度によって、設置しなければならない機種が決まります。あらゆる条件下の系統事故を確実に検出するものでなければなりません。

連系用保護継電器構成例 (高圧受電需要家・同期発電機)



事故形態による継電器の動作

次の表は、それぞれの継電器がどの事故に対して動作するかを簡単に示したものです。このようなマトリックスにより検証を行い、必要な機種を選定します。

機種	名称	保護目的	設置相数等の条件	構内事故		系統側事故			動作させる しゃ断器(例)
				地絡	短絡	地絡	短絡	断線・停電	
OCR-H	過電流継電器	構内設備の過負荷・短絡事故検出	2相	—	○	—	—	—	受電端CB
OCGR	地絡継電器	構内設備の地絡事故検出	1相(零相回路) 構内設備の対地静電容量が大きい時はDGR	○	—	—	—	—	
DGR	地絡方向継電器		1相(零相回路)	—	—	—	—	—	
OVGR	地絡過電圧継電器	系統側の地絡事故の継続検出	1相(零相回路) 零相電圧検出はコンデンサ形が基本	○ * 1	—	○	—	—	発電機CB
UVR	不足電圧継電器	系統側の短絡事故・停電検出	3相	—	○ * 1	—	○	○ * 2	
OVR	過電圧継電器	発電機の制御異常による系統過電圧検出	1相 発電機自体に保護装置があれば省略できる	—	—	—	—	—	
DSR	方向短絡継電器	系統側の短絡事故検出	3相を基本とする同期発電機の場合に必要	—	—	—	○	—	
RPR	逆電力継電器	系統側への逆潮流検出	1相	—	—	—	○ * 3	○	
UFR	不足周波数継電器	上位送電側事故時の周波数低下検出	1相 逆潮流がなく、RPRで高速に保護できれば省略できる	—	—	—	○	○ * 2	
OFR	過周波数継電器	電圧低下による負荷脱落時の周波数上昇検出		—	—	—	—	—	
UPR	不足電力継電器	系統側の短絡事故・停電検出	2相	—	—	○ * 4	○	○	
Δf	周波数急変検出継電器	系統側の停電検出	1相	—	—	—	—	○	

*1. 継電器は検出しますが、電力系統側(変電所)保護継電器と時間協調をとっているため動作に至りません。
 *2. 発電機容量と系統の負荷のバランスがとれていると動作しないことがあります。
 *3. 電圧が極端に低下(至近端短絡の場合)すると動作しないことがあります。
 *4. 変電所の地絡方向継電器の動作により、系統が停電となり、動作します。
 注. 線路無電圧確認装置省略に伴うシステムの二重化を行う場合は、1つの事故に対して2つ以上の継電器が動作する必要があります。

各継電器の整定例

次に連系用保護継電器の標準的な整定について示します。

最終的には、電力会社への連系申請時に行う系統故障計算およびそれに基づく協調確認によって決まります。

機種	整定例		背景
	動作値	動作時間	
OCR-H	配電用変電所OCRと協調がとれること		従来の受電端保護と同じ
OCGR	零相電流：0.2A	(JIS C 4601で規定する時間)	
DGR	零相電流：0.2A、零相電圧：5%	0.2s	
OVGR	零相電圧：10%	5s	配電用変電所の同バンク・他フィーダーのDGRと協調をとる
UVR	不足電圧：85V	2s	配電用変電所の同バンク・他フィーダーのOCRとの時間協調をとる
OVR	過電圧：125V	2s	
DSR	電流：*1、不足電圧：90V	0.7s	配電用変電所の同バンク・他フィーダーのOCRとの時間協調をとる
RPR	逆電力：発電機容量の10% *2	0.5s *3	
UFR	不足周波数：定格周波数-1Hz	1s	
OFR	過周波数：定格周波数+1Hz	1s	
UPR	不足電力・契約電力の10%	0.5s	CGS需要家の最小消費電力以下とする

*1. フィーダー送り出し点の2相短絡時に、発電機より流出する電流値以下とする必要があり、次の計算によります。

$$I = \frac{IG \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{(\%x + \%G)} \times \frac{1}{CT比}$$

IG： 発電機の定格電流
 %x： CGS需要家から変電所までのパーセント線路インピーダンス
 %G： 発電機のパーセントインピーダンス

*2. RPRは受電端CTに接続されますので、逆電力整定値は、(発電機容量の10% × $\frac{\text{発電機容量}}{\text{定格電力}}$) となります。

*3. 発電機の並列投入時の動揺時間を考慮してください。

その他連系用保護継電器として要求される事項

「ガイドライン」では、分散型電源設備が系統に与える影響の重要性から、連系用保護システムおよび継電器の機能に次の項目を要求し、信頼度を高めています。

線路無電圧確認装置省略に伴うシステムの二重化

「ガイドライン」では、分散型電源需要家負担で変電所に線路無電圧確認装置(再閉路時、線路の電圧有無を確認する装置)の設置を義務付けています。しかし本装置の設置は、同系統に複数の分散型電源需要家が存在する場合の問題や設置コストの問題で困難な状況です。このため、系統が停電状態である時、発電機を系統から確実に解列させる継電器を二重化することによって、本装置を省略できるとされています。二重化実現のための手段として、UPRの設置も認められています。この場合は、二相に設置することが必要です。

継電器の制御電源は専用の直流回路で供給

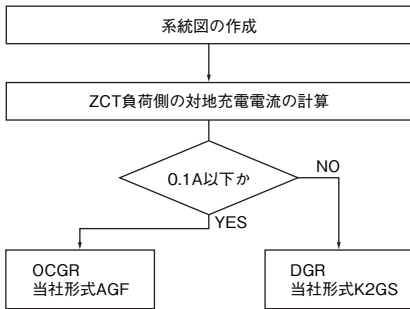
連系用保護継電器への制御電源は、専用の直流回路で供給しなくてはなりません。これは電源の供給信頼性を確保すると共に、系統の短絡事故時にも動作する必要があるからです。(計器用変成器VTの電源では短絡時に、出力電圧がなくなってしまう。)

地絡継電器の概要

受電用GRの選択

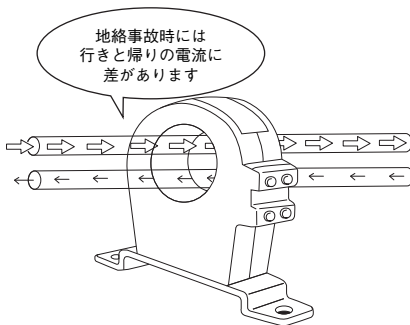
地絡事故点の有効な選択しや断のためには、系統条件の相違によって設置するGRをOCGR（地絡過電流継電器）またはDGR（地絡方向継電器）のいずれかを選択します。

継電器の選択手順

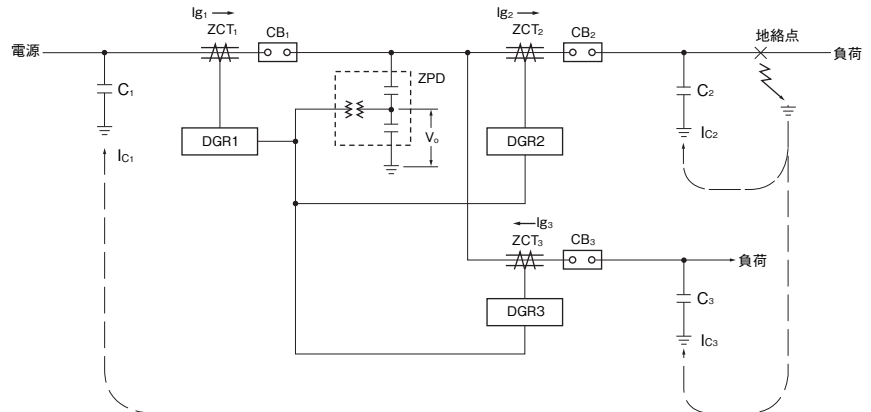


零相変流器（ZCT）の地絡電流監視

回路に流れる電流の大きさは、単相でも三相でも行き帰りは同じです。地絡事故が起きると、行きと帰りに差ができます。この差により、ZCTに磁束が誘起し二次側に電流が流れます。その電流を継電器が検出し監視します。低圧でよく使用される漏電ブレーカも、この原理で構成されています。



零相電圧検出装置（ZPD）の電流方向監視



地絡事故が発生しますと、ZPDに発生する零相電圧Voと、ZCTで検出する零相電流Ioの方向(位相)は、自己回線では事故電流が電源側から負荷側に向かって流れます。一方、他回線では、事故電流が負荷側から電源側に向かって流れます。このことを利用して、事故の発生した回線のみを選択し断します。

地絡保護協調

地絡保護協調は、地絡保護継電装置を運用する上で、最も重要な概念といえます。保護協調とは、回路に事故が発生した場合、事故回路のしゃ断器以外は動作しないよう動作協調をとり、健全回路の給電を維持すること、および負荷機器や回路機器が損傷しないよう各機器の動作特性を調整・配置することをいいます。

地絡電流、電圧感度協調

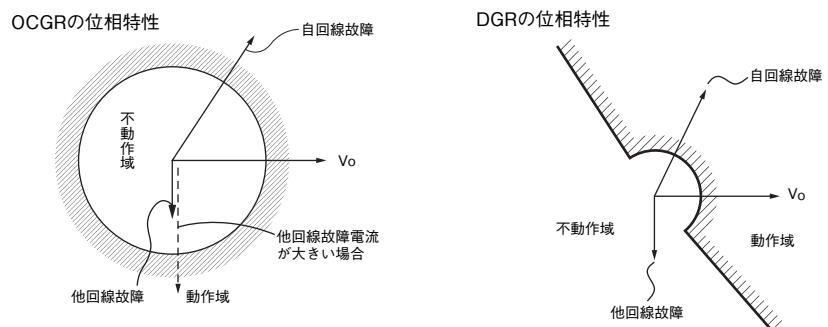
地絡故障は、地絡点の位置、地絡点の形態によって発生する零相電圧、零相電流はさまざまです。

OCGRの感度協調

ZCTの検出する零相電流の大きさが自回線故障と他回線故障が異なることを原理として、回線選択する方法です。

図1はそのようすを示します。

図1. OCGR・DGRの位相特性



この場合、次の関係が満足されなければOCGRは誤動作をおこす可能性があります。

$$I_R \geq 2 I_c$$

I_R : 継電器整定値

I_c : 構内対地充電電流

2 : 余裕係数

そして、前式が満足できない場合には、DGRを使用することが必要になってきます。つまり、ケーブルのこう長が長い需要家では、OCGRの協調が無理ということになります。キュービクル受電等での高圧の線路こう長の短い場合には、OCGRで十分保護協調が可能です。

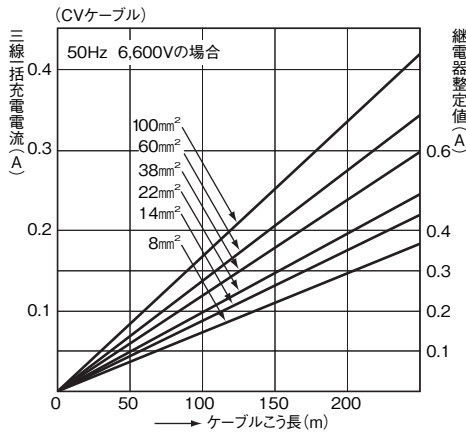
ケーブルこう長と充電電流の関係を図2に、ケーブルの静電容量を表2に示し、継電器整定に対するケーブルこう長の限界を表1に示します。

表1. ケーブルこう長限界目安

公称断面積 (mm ²)	0.2A整定の場合 (m)	0.4A整定の場合 (m)
8	135	270
14	115	230
22	100	200
38	85	170
60	70	140
100	60	120
150	50	100
200	50	100
250	47	95

(CVケーブル 50Hz 6,600V)

図2. ケーブルこう長と充電電流



DGRの感度協調

DGRの感度協調は零相電圧要素が入ってきます。零相電流の感度協調はOCGRとまったく同じです。

零相電圧の感度は、配電線のどの場所でも、故障時に発生する零相電圧は同じ値です。

短絡電流のように、末端の故障時ほど故障電流が小さいということはありません。したがって零相電圧の感度だけでは多くの場合、故障点を選択し断することはできませんが、末端機器ほど感度を上げる(段協調の一般的通念)という形は軽微な地絡は末端で断し、変電所のGRIはその後備保護という形態になっています。ですから、重地絡保護の場合には、零相電圧の感度協調だけではなく、他回線との間では位相判定が必要であり、自回線ではシリーズに入っているGRとの時間協調が必要になります。

継電器の零相電圧-零相電流特性上に地絡故障点をプロットしたものが図3です。

位相協調

通常のケースでは、ほとんど問題にはなりません。また一般に市販されているDGRも位相特性は固定されています。

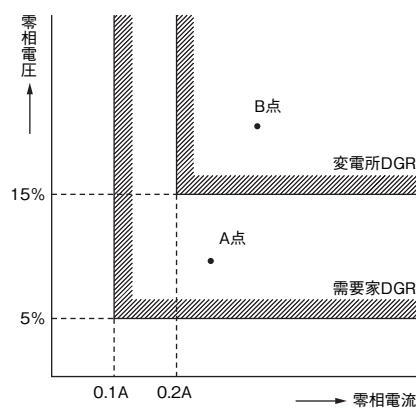
継電器の位相判別は、自回線か他回線かの方向判断をします。

表2. ケーブルの静電容量一覧表

電圧 (kV)	形状	公称断面積 (mm ²)	高圧架橋ポリエチレンケーブル JIS C 3606-1987 (CV)			
			静電容量 (μF/km)			
6.6	3芯 (3芯一括～) (アース間)	8	0.63			
		14	0.75			
		22	0.84			
		38	0.99			
		60	1.17			
		100	1.41			
	3.3	3芯 (3芯一括～) (アース間)	150	1.65		
			200	1.62		
			250	1.77		
			単芯	8	0.21	
				14	0.25	
				22	0.28	
38		0.33				
60		0.39				
100		0.47				
0.4		3芯 (3芯一括～) (アース間)	150	0.55		
			200	0.54		
			250	0.59		
	単芯		8	0.21		
			14	0.26		
			22	0.30		
		38	0.37			
		60	0.38			
		100	0.47			

*参考
 充電電流算出式
 $I_c = 2\pi fCE$ (A)
 Ic: 3線一括充電電流 (A)
 f: 周波数 (50Hzまたは60Hz)
 C: 3線一括静電容量 (F)
 E: 対地電圧 (V) = 線間電圧/√3

図3. DGRの感度協調例



モータ・リレーの概要

モータ・リレーに必要な機能

モータ・リレーを使用する目的は次の2つに分類できます。

- (1)モータ自身の保護(焼損防止)
- (2)モータにつながる負荷の被害を最小限にとどめる。
(この場合、モータよりもその負荷を念頭においてモータ・リレーの選定をする必要があります。)

以上の(1)および(2)を満足するために、モータ・リレーは次の3つの機能を持っています。

- (1)過負荷要素
 - 過電流要素
 - 時間要素
- (2)欠相要素
- (3)反相要素

次に、この3つの要素についてもう少し詳しく説明しましょう。

過負荷要素

モータが過負荷になり、過電流が長時間流れるとモータは焼けてしまいます。

したがって、過電流が流れるとただちにこれを検出してモータの電源をしゃ断し、モータを保護しなければなりません。しかし、誘導電動機は一般に、図1のように起動時に500%程度の過電流が数秒～数十秒の間流れます。もしこの時にモータの過負荷要素がはたらくと、モータを起動するとすぐしゃ断することになってモータの運転ができません。このためモータ・リレーには、モータに流れている電流が定格値を超えているかどうかを検出する“過電流要素”他に、過電流の継続時間がモータの起動時間内であれば動作せず、それより長く過電流が継続した場合は動作させるための“時間要素”が必要になります。すなわち、モータ起動時にモータ・リレーが誤動作することを避けるための手段として時間要素が必要ということです。

時間要素が必要なもう一つ積極的な理由があります。

図2はモータの過熱特性を示す I^2t 曲線で、この曲線の下側の範囲であればモータは焼損せず、十分使用できることを示しています。この例ですと、モータに500%の過電流が流れても40秒であれば使用可能ですから、もし電流値が半分の250%になれば

$$\left(\frac{500}{250}\right)^2 \times 40 = 160$$

となり、4倍の160秒までOKということになります。同様に100%のときは、上の計算式に従えば

$$\left(\frac{500}{100}\right)^2 \times 40 = 1000$$

となり、1000秒しかもたないことにはなりますが、100%というのは定格電流ですから連続運転可能で、この式は適用されません。ですからこの曲線は正確に I^2t を示すものではなく、ほぼ I^2t ということです。

さて、モータ自身はこのように過電流が流れてもすぐに焼けるわけではなく、ある程度の時間は許されるわけで、少なくとも起動電流、起動時間程度の過負荷には耐えるわけです。したがって、モータをその限界まで使用した方が得策である

という観点にたてば、モータ・リレーが過電流でも直ちに動作するのは好ましくなく、図2の曲線の下側の曲線にそって動作するように、大きな電流が流れた場合は早く、小さな電流だと長い時間で動作するような、いわゆる反限時特性と呼ばれる時間特性をもつ方が望ましいわけで、これが過負荷要素に時間要素を付加する積極的な理由です。これによって、少しでも過負荷になるとモータ・リレーがすぐ動作して停止してしまうという不要な運転停止が防げるわけです。

ところでこの積極的な理由は、用途によってはない方がよい場合もあります。たとえば、負荷は定まったもので定格電流以上流れるということが負荷の異常状態であることが明確な場合は、過電流が流れると直ちにモータの電源をしゃ断してしまわないと負荷に被害が発生したり、被害が増大してしまいます。こういった、負荷を保護する用途は過負荷要素の動作時間は早ければ早い方が望ましいわけです。もちろん、この場合でも起動時には過大な起動電流が流れますから、起動時は一定時間動作せず、その後は瞬時に動作する機能をもつ過負荷要素が必要で、これを普通、瞬時形と呼んでいます。さて、いままで過負荷要素には電流値を検出する要素と時間要素の2つの要素が必要であることを説明しましたが、この電流、時間の値はいくらに定めれば良いでしょうか。

・電流値について

JEM 1357「三相誘導電動機用誘導形および静止形保護継電器」の規格には、動作値は、電流整定値の105～125%の範囲内であることと定めてあり、モータ・リレーの各メーカーも大部分がこれに準拠しています。したがって、特に指定のないモータにはこの規格で充分です。

・時間について

同じくJEM 1357の規格には、電流整定値の600%過電流で40秒以下、200%過電流で4分以下と定めてあります。また、JIS B 8324深井戸用水中モータ・ポンプのモータ保護として「全負荷電流の5倍の電流を通じて5秒以内に動作すること」と規定されています。したがって、一般にモータ・リレーは、500%過電流にて数秒～数十秒の動作時間の種類があります。

図1. モータの起動電流

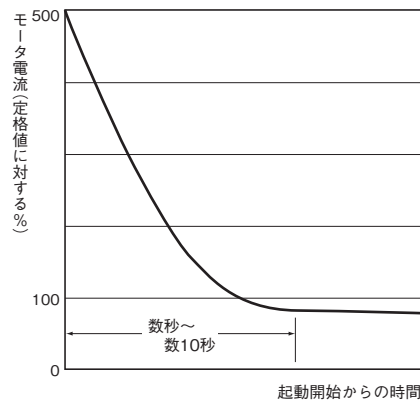
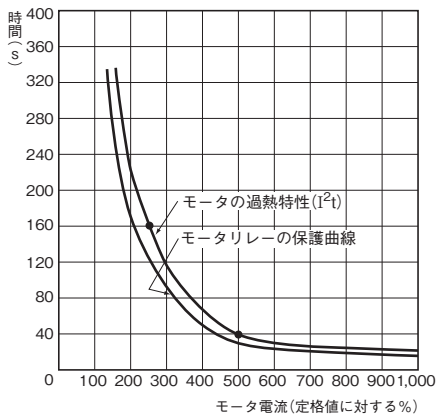


図2. モータの過熱特性と保護曲線



過負荷要素のまとめ

- (1) 過負荷要素の電流要素は定格値で動作せず、125%で動作するよう定めるのが一般的である。時間は、500%過電流時に数秒～数十秒程度でモータの起動時間より長めに選択する。普通は反限時特性といって電流値が大きくなると早く、電流が少ないと長い時間かかって動作するような時間特性である。
- (2) 時間要素は、起動時およびその後の運転時とも同じ時間特性で動作するものと、起動時のみ時間遅れをもち、運転時は瞬時動作としてモータにつながる負荷の保護をねらったものとがあり、後者は一般に瞬時形と呼ばれている。

欠相検出要素

モータの電源線が断線したり、接続部のゆるみ、制御用開閉器の接触不良、モータ内部の断線などによって、本来、三相電圧で運転されるべきモータが単相で運転されている状態を“欠相と呼んでいます。

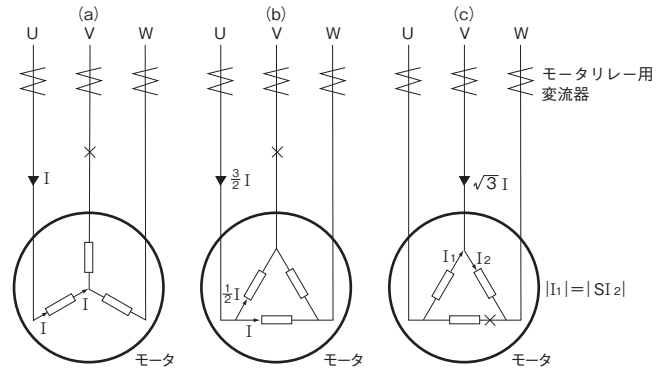
停止している誘導電動機は単相では回転を始めませんので、欠相状態で起動すると起動電流がいつまでも流れ続けるために、先に述べた過負荷要素によって検出され、モータ自身の焼損は防止することができます。ところが正常に運転している最中に欠相しても単相状態になると、ご存知のように負荷が軽ければ三相誘導電動機は単相誘導電動機として回転を継続することができます。

図3を見て下さい。Y結線モータの場合と△結線モータの電源欠相、△内部の欠相の3つの状態があります。このとき電源線に挿入した過負荷要素だけでモータの焼損が防げるかどうかを考えてみましょう。

(1) Y結線モータの欠相

図3(a)のように電源線に流れる電流とモータの巻線に流れる電流はどこで断線しても同じです。したがって、もし欠相が発生して過電流が流れても電源線の過負荷要素が検出するので、モータが焼損することはありません。さらに、またモータの負荷が軽くて過電流に至らない場合は過負荷要素は検出できませんが、モータも電流が小さいため焼損するには至らず、軽負荷運転を継続します。

図3. 欠相時の電流分布



(2) △結線モータの外部欠相

図3 (b) のような場合はどうでしょう。正常時に巻線に流れる電流をIとすれば電源線に流れる電流は当然 $\sqrt{3}I$ 、すなわち、巻線の定格電流が I_n とすれば電源線の定格電流は $\sqrt{3}I_n$ で、過負荷要素は $\sqrt{3}I_n < \sqrt{3}I$ を監視することによって等価的に巻線の電流が $I_n < I$ でないかどうかを監視しているわけです。

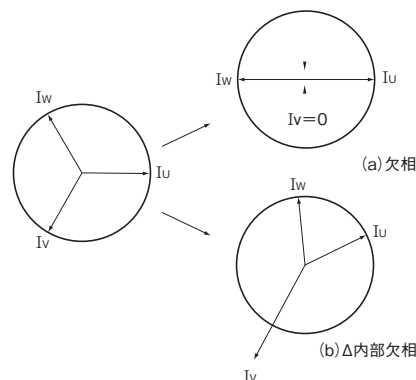
ところが(b)の欠相状態となると $I = I_n$ となったときの電源線の電流は $\frac{3}{2}I_n$ で、これは当然 $\frac{3}{2}I_n < \sqrt{3}I_n$ もしくは $1.5I_n < 1.732I_n$ というわけで、したがって、モータの負荷状態によっては巻線は過電流となっても電源線は定格電流以下であるために過負荷要素は動作せず、巻線が焼けてしまう可能性がありますので、このような場合にモータの焼損を防止するためには、別に欠相を検出する要素が必要となります。

(3) △結線モータの内部欠相

図3(c)の場合はどうでしょう。 I_1 と I_2 は正常時と同じく $|I_1| = |I_2|$ 、位相差は 120° ですからV相電源線電流はこれも正常時と同じ $\sqrt{3}I$ となり、またU、W相の電流は各々 I_1 、 I_2 となって電源線から見た場合、巻線に正常時より過電流が流れているように見えますから、過負荷要素が検出し焼損の心配はないでしょう。

したがって、(1)のY結線と同様のことがいえます。さて、いままで述べたのはモータの焼損を防止するという観点からの説明です。

図4. 欠相時の電源線電流ベクトル図



ところで欠相というのは異常状態です。運転中に欠相し、軽負荷でそのまま運転を継続するならそのままにしておくというのは不適切で、もう少し負荷が増えたと停止するかもしれませんし、接続のはずれた導線が外被に接触して感電事故、短絡事故につながる可能性もあります。

異常状態は、直ちに検出して処置をするのが保護の原則ですから、単にモータの焼損を防ぐというだけでなく、この場合もできるだけ早く欠相を検出するのが原則です。

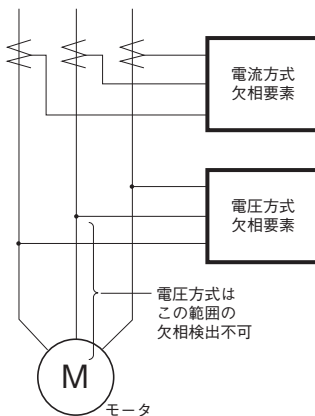
すなわち、単にモータの焼損を防ぐというだけでなく、軽負荷時でも欠相を検出するために、過負荷要素で検出すると非常に時間がかかるので、これを早く行うためなどの理由から図3(a)、(c)の場合でも欠相要素を設けるのが普通です。欠相要素について、もう一つ注意をしておきましょう。図3(a)、(b)においては正常時U、V、W相の電流が平衡三相電流であったものが、欠相すると欠相した相の電源線電流は完全に零で、他の2相に単相の往復電流が流れます。この場合図4(a)に示すように欠相の前後でベクトル関係は大きく変化します。

ところが、図3(c)の場合ですと、図4(b)のようなベクトル変化となり図4(a)に比べて変化が少ないことが直感的にわかります。

実際に図3(c)の場合は図3(a)、(b)に比べて欠相の検出がやりにくくなります。

普通図3(a)、(b)のような状態を欠相、(c)の場合を△内部欠相と呼んで区別しており、一般に欠相検出可能というのは(a)(b)の場合をさしていますので、△結線電動機(1.5kW以上はこの方が多いですが)をお使いの場合、注意する必要があります。

図5. 電流方式欠相要素の優位性



また、図5のように変流器を使わず、モータの電圧で欠相を検出する方式もありますが、この方式だと、欠相検出用の接続点よりモータ側で欠相した場合は検出できず、また、電源側欠相であっても、軽負荷運転中の欠相はモータ端子電圧が、それほど低下しないため検出できない場合があるため、電流検出の方が圧倒的に有利です。

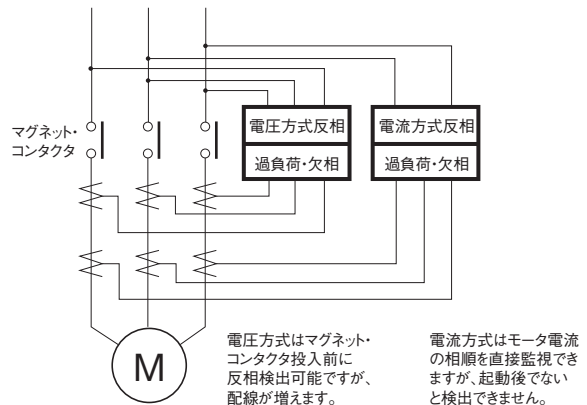
欠相要素のまとめ

- (1) 過電流要素だけでは欠相時、モータの焼損を防止できない場合があり、欠相要素が必要である。
- (2) 軽負荷時には欠相しても過電流といわれるほどの電流が流れないので、過負荷検出ができない。異常を早く検出するためには欠相要素が必要である。
- (3) 一般には、欠相といわれるのは電源線の欠相であり、△内部欠相は検出できない場合が多いので注意が必要である。
- (4) 電圧方式もあるが電流方式が有利である。

反相要素

三相誘導電動機は、相順が逆になるとモータの回転方向が反対になります。モータがどちらに回ってもかまわないという用途は、まずありませんし、時には一瞬でも逆に回るとモータの負荷に致命的打撃を与える場合があります。このために、モータに加わる電源の相順が逆になると直ちにこれを検出する要素が“反相要素”です。

図6. 反相要素の電圧電流方式比較



この場合にも欠相検出と同じように電流方式、電圧方式が考えられます。図6をみてください。図6のようにマグネット・コンタクタ前に反相要素を接続すると、反相はモータを起動させる前に検出できます。これによって先に述べたモータを一瞬でも逆転させないということが可能になります。この点、電流方式はいくら動作を早くしても0.5秒程度ですから、多少逆転するのはやむをえず、その意味では電圧方式が有利になります。しかし、電圧方式はモータ・リレーへの接続が1本余分になる欠点がありますし、高圧モータなどではVTを1個追加する必要があるなどの欠点もあります。また、電流方式はモータに流れる電流の相順を直接判定することができる利点がありますが、前にも述べたように検出に多少の時間を要する(モータが回転した後の検出となる)欠点もあります。

なお、いずれの場合も反相検出はその接続点(電圧検出の場合は接続した電源ラインの位置、電流検出の場合はCTを挿入した位置)のみの相順検出となりますので設置時にはその点にも注意を払う必要があるでしょう。

ところでモータは、一度設置してしまえば相順が逆になることはきわめてまれで、反相要素が必要でない場合も多いものです。しかし、移動用電源のモータなどで接続変更の頻度の高いもの、保守点検時に接続変更するものなどについては、付加した方が良いでしょう。

反相要素のまとめ

- (1) 反相要素は不要な場合も多い。
- (2) 電圧検出は起動前に検出できる利点があるが、また電流検出はモータの電流相順を直接監視できる利点があるが、それぞれの欠点もある。

モータ・リレーの特異点

モータおよびモータ・リレーの使用上で注意しなければならない問題がいくつかありますが、ここでは欠相時の電圧降下、モータ電流波形の歪(ひずみ)、力率改善用コンデンサの配置、モータ電流の不均衡について説明しましょう。

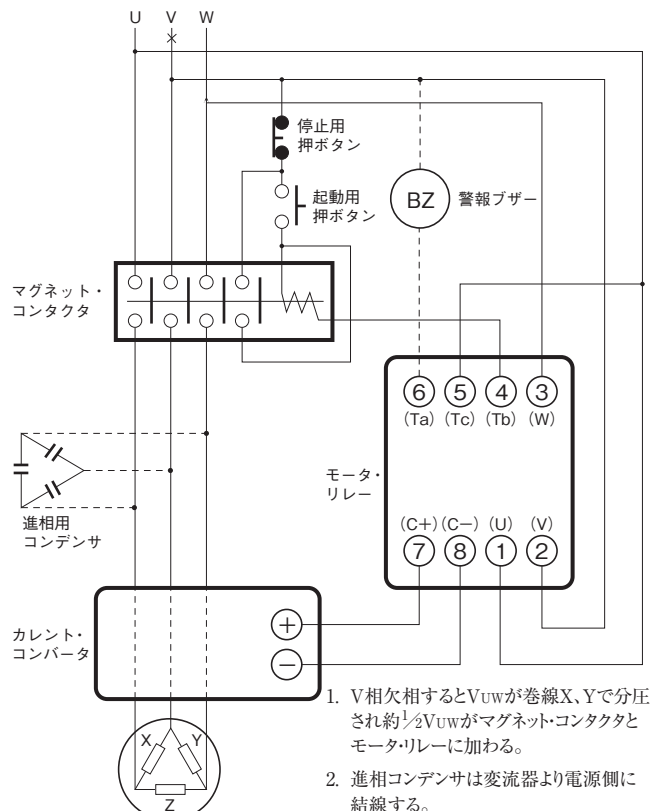
欠相時の電圧降下（電源接続上の注意）

図7のようにV相で欠相(断線)しても、モータ・リレーおよびマグネット・コンタクトに加わる電圧は零になるのではなく、U、W間の線間電圧 V_{uw} がモータの巻線XとYで分圧され、そして通常、マグネット・コンタクト励磁コイルおよびモータ・リレーの電源回路のインピーダンスはXとY巻線のインピーダンスに比べてかなり大きいので、ほぼ $1/2V_{uw}$ の電圧が加わります。したがって、この状態でもマグネット・コンタクトがしゃ断するためには、モータ・リレーが定格電圧の半分の電圧でも欠相を検出して動作しうるようにするか、それができない場合はマグネット・コンタクトが $1/2$ の電圧では保持できず、自動的に復帰してしまうように選定します。

ところが、もしマグネット・コンタクトの電源をモータ・リレーの電源とは別の相、たとえば図7ではモータ・リレー、マグネット・コンタクトとも、U、W相から電源をとっていますが、これをマグネット・コンタクトのみU、W相からとるようにするとマグネット・コンタクトにはV相が欠相しても定格電圧が加わったままで復帰せず、しかも、モータ・リレーには $1/2$ の電圧しか加わらないのでモータ・リレーが動作できない場合は、保護が不可能となります。

そのため、モータ・リレーに $1/2$ の電圧でも動作するという条件をつけるか、配線に注意してマグネット・コンタクトに $1/2$ の電圧では必ず復帰するという条件をつけるか、いずれにしても注意を要する事項となります。

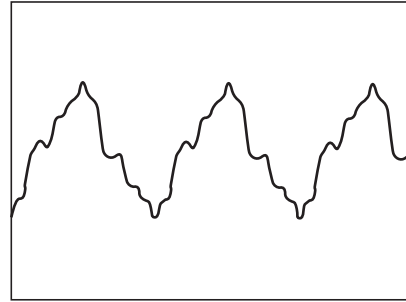
図7. 欠相時の電圧降下、進相コンデンサの位置



注. モータの軽負荷運転中の欠相においては電圧は $1/2$ まで下がりません。モータ側から正常に近い電圧が逆供給されます。この場合にはマグネット・コンタクトの積放電圧に期待した保護はできません。

モータ電流の波形歪

送風ファン用モータ電流波形の例



図のように、モータに流入する電流は本来、正弦波のはずですが、水中モータとか使い古したものなどの中には、正常に運転できているモータでも電流波形が極端に歪んでいるものが観測されています。

モータ・リレーは、入力が正弦波であるという前提にたって設計されているために波形の歪によって、過負荷要素では動作電流値の誤差が増大したり、また、欠相、反相要素では誤動作の問題などが発生します。モータの電圧波形は一般に歪みが少ないので動作の早い反相要素などはこの点から電流方式より電圧方式の方が無難ということもできるでしょう。しかし、波形歪みの問題は各メーカーとも検討を重ねて最近では方式による差はほとんどありません。

力率改善用コンデンサの設置位置

モータは、その力率を改善するために図7のようにモータと並列に進相コンデンサを挿入します。モータの軽負荷時に流れる電流はほとんど無効分で、かなり高調波が混入しています。そして、これにコンデンサを並列接続して基本波成分をうち消すと高調波だけが残る結果となり、これが大きい場合は本来入力 $50/60\text{Hz}$ の正弦波として設計されている欠相、反相回路などが誤動作しやすくなります。もちろん、大部分の場合の高調波電流は小さくて誤動作するようなことはありませんが、誤動作の確率をさげるためには図7のように、モータ・リレーより前にコンデンサを設置する方が無難です。

また、コンデンサをモータ・リレーの後に挿入すると、見かけ上モータ電流が減少することになり、モータ・リレーの過電流動作値はその分を見込んで設定する必要がありますので面倒となりますから、この点からもモータに流れる電流だけをモータ・リレーに与える方が望ましいわけです。

静止形モータ・リレーの構造 (当社 形SEの例で示します)

カレント・コンバータ

この中には、モータ電流をトランジスタ回路で使用しやすい大きさの電流に変換する変流器と、その変流器二次電流を三相全波整流するダイオードと、その整流された電流を直流電圧に変換する抵抗器が入っています。

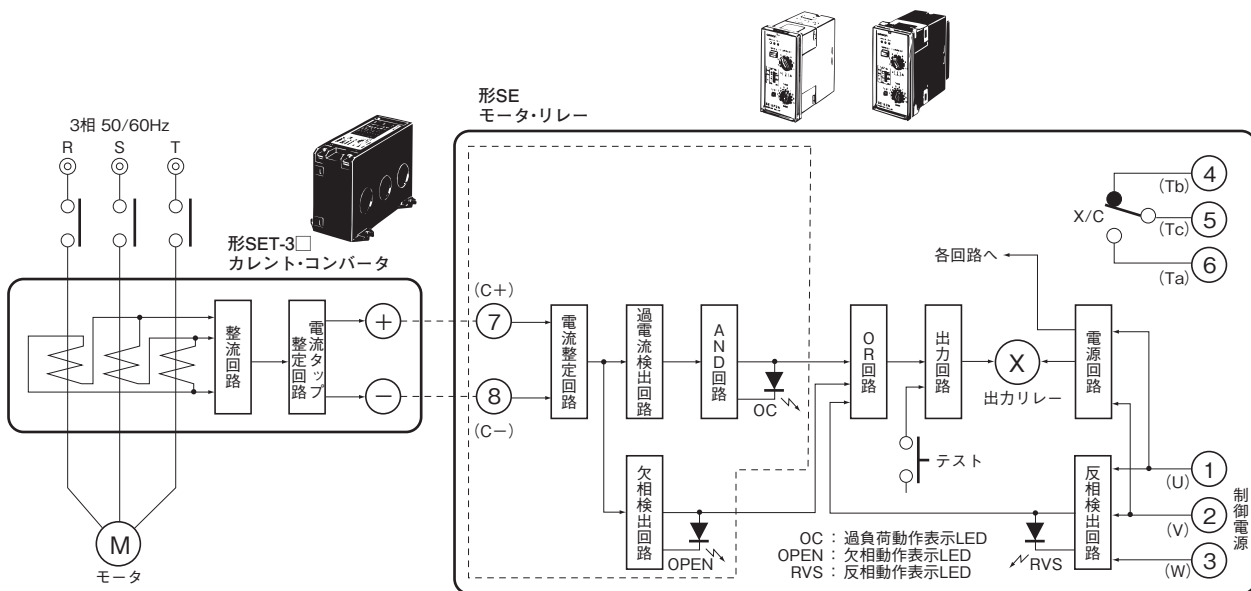
特にこのカレント・コンバータはそれに内蔵されたタップを変更することによって、その抵抗値を3段階に変えることができ、モータ電流の広い範囲で使えるように工夫されています。

たとえばモータ電流が80Aのとき、カレント・コンバータの出力電圧を21Vにするためこの抵抗器が600Ωであったとすれば、40Aのときに21Vにするためには1,200Ω、また、20Aのときには2,400Ωの抵抗を接続することによってカレント・コンバータの出力電圧はいつも21Vになるので、したがって、モータ・リレー本体が21Vで動作するとすればみかけ上、このタップ変更により20A、40A、80Aのいずれでも動作するようにセットできるわけです。

(注. 電圧・抵抗値は一例を示すものです)

また、20Aで動作するようタップを選んだ時でも、カレント・コンバータにモータ電源線を2回巻けば、モータ電流10Aでもカレント・コンバータからみると20A流れているように見えるので、10Aで動作させることができます。同様に4回巻けば5Aで動作させることができます。

図8. 形SE 静止形モータ・リレー (反限時タイプ) 内部ブロック図



注1. 数字はプラグイン形の端子番号を表示し、()内はパネルマウント形の端子記号を示す。

2. 反相要素「切」で使用する場合は、端子③(W)の配線は不要。

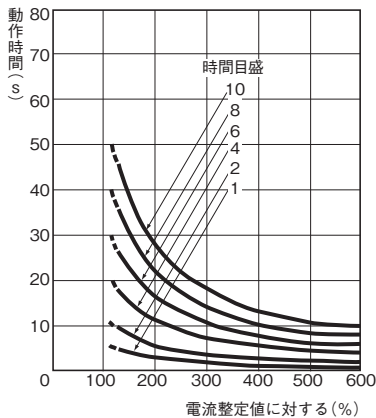
過負荷要素

カレント・コンバータの出力は、接続線を通してモータ・リレー本体の7(C+)、8(C-)端子〔数字はプラグイン形の場合の端子番号、()内は埋込形の場合の端子番号です〕に入り、電流目盛整定回路で分圧されて過電流検出回路に入ります。電流目盛整定回路は可変抵抗による簡単な分圧回路で、この分圧比率を変えることにより、電流動作値を変えることができ、この場合カレント・コンバータのタップを20Aとすると、この可変抵抗器のつまみを回すことで8A~20Aの範囲で動作値を整定することができるようになっています。もし、過電流が発生していると、過電流検出回路がこれを検出して次の時間整定回路をドライブします。

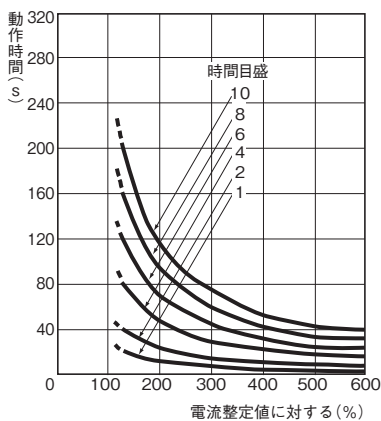
この時間整定回路は先に述べた反限時特性をもっており、図9のような時間特性です。

図9. 過負荷動作時間特性 (参考値)

時間目盛倍率：×1



時間目盛倍率×4



この時間整定回路にも可変抵抗器がついていて、そのつまみを回すことにより電流整定値の600%の電流が流れた時の動作時間が1~10秒の範囲で変えることができます。

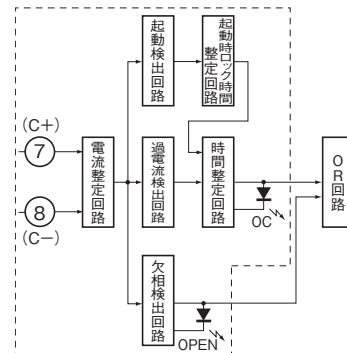
この他に時間倍率用スイッチがついて、この4倍、すなわち4~40秒とすることが簡単にでき、1~40秒の広い範囲に時間を整定できる特長があります。

過電流が整定時間以上流れるとOR回路を通じ出力回路により出力リレー(⊗)が励磁されてその接点X/cが切り替わり、それにつながる警報、しゃ断などの動作を行います。

なお、瞬時形の場合は図10のように、モータ電流が定格値の約30%以上になるとモータが起動したとみなされて、起動時間回路が動作を始めますが、入力電流の大きさに関係なく一定時間は出力を出さないのので、過電流検出回路が直ちに動作し出力を出してもAND回路出力はなく、動作しません。そして起動時間が過ぎると、モータ電流は定格値~定格値の50%程度の電流が流れますので、起動時間回路の出力は出たままです。

そしてその後、過電流が発生すると過電流検出回路が直ちに動作し、0.5秒以下で(⊗)リレーが動作します。

図10. 形SE静止形モータ・リレー (瞬時タイプ) 内部ブロック図
反限時タイプにおける[]の部分の下図ようになります。



⊗リレーの動作について
(手動復帰形)

形SE ⊗リレーは機械的に自己保持して停電しても手動復帰させるまでは動作したままです。

形K2CM ⊗リレーはキープリレーを採用しているため、停電してもロックしたままです。復帰には電源が必要です。

(自動復帰形)

整定を下まわれば自動に復帰します。(ただし欠相要素と併用してご使用になる時は、欠相した場合、操作電源が低下するのでU、Vへの供給電源はモータの電源と別電源にしてください。上記の理由により反相要素は使えません)

欠相要素

図11. カレント・コンバータの出力波形

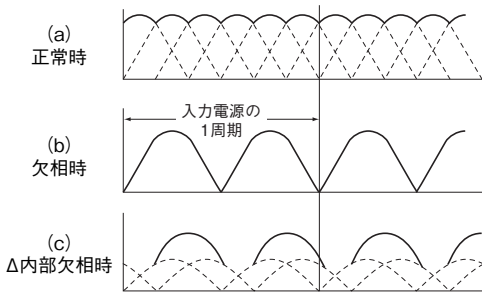
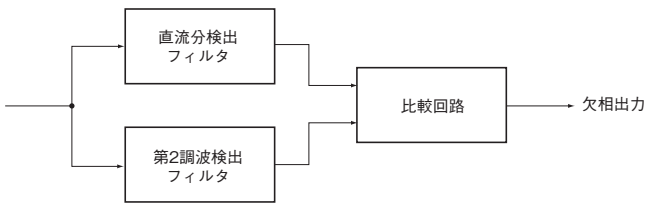


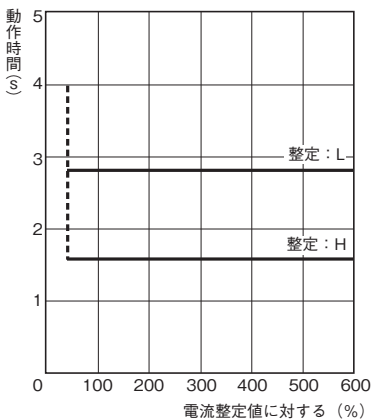
図11(a)は正常時の整流出力波形、(b)は欠相時、(c)は△結線電動機の相内欠相時の波形です。これから正常時は直流分が大で交流分が小さく、しかも第6調波以上で周波数成分が高いことがわかり、欠相時は直流分が小で交流分が大きく、しかもその交流分は第2調波がもっとも大きいことがわかります。したがって第2調波/直流分もしくは、交流分/直流分の比にตอบสนองするように構成すれば欠相検出できることが直感的に理解できます。

図12. 欠相検出回路の構成



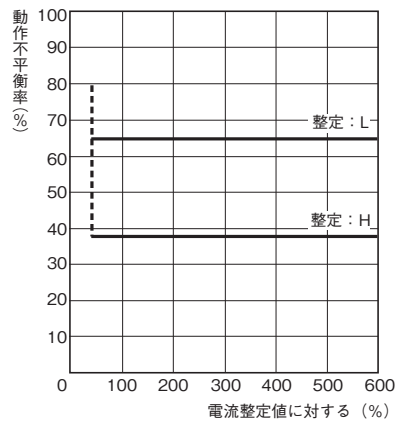
そしてこの静止形モータ・リレーはこの原理を応用したもので、図12のようにカレント・コンバータの出力(正確にはそれを分圧したもの)の中から直流分だけをとり出すフィルタと第2調波成分だけをとり出すフィルタとを設け、その比がある値を超えた時に欠相と判定するようになっています。そしてこの欠相時の動作時間特性は図13に示すように、電流値にあまり関係なく約1.5秒となっています。

図13. 欠相動作特性



ところで、第2調波成分/直流分はほぼ不平衡率の関数であることが確認されています。したがってこのモータ・リレーは、欠相検出というより不平衡検出として設計されており、不平衡率が約35%のとき動作するよう整定されています。この動作不平衡率が電流値によってどう変わるかを図14に示しています。

図14. 不平衡動作特性



横軸の電流値は、3相の電流のうちもっとも大きい相の電流値を示しています。欠相検出回路から出力が出ると図8のOR回路を通して同様に⊗リレーが働きます。

反相要素

図15に構成図、図16にベクトル図を示します。抵抗器とコンデンサで構成されているOR位相回路で検出された反相信号を、反相検出回路にて動作値レベル(制御電源電圧の80%以下)に達したことを検出しています。反相検出回路の出力はORを通して⊗リレーを動作させます。ところでモータ・リレーの電源はU、V相からとられていますので、反相要素が不要なとき端子3(W)の接続をはずせばいいかということ、結果は逆にVuvがRP1とCC1で分圧され、分圧された電圧がトランジスタに加わって動作することがあります。もちろん、入力電圧が小さいと動作しない場合もありますが不確定ですから、この場合は反相要素のないものに変える必要があります。

なお、このモータ・リレーは50/60Hz共用ですからVdeは正常時でも完全に零とはなりません、正常時と反相時のVdeの差が大きいため充分安定に動作するようになっています。

図15. 反相検出回路の構成

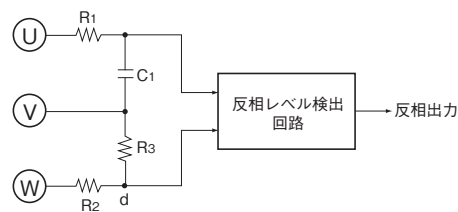
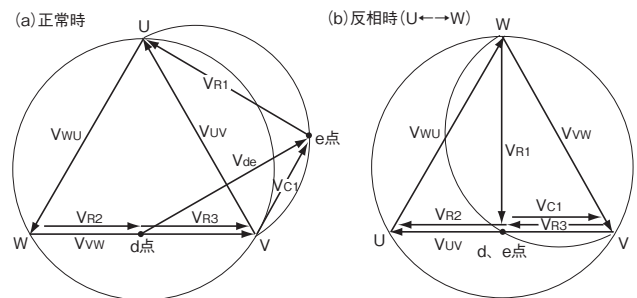


図16. 反相検出回路のベクトル図



外部接続

図17(a)、(b)に各々の外部接続の一例を示しています。もちろん反相要素を使用しない時は端子3(W)の接続は不要です。

- (1) マグネット・コンタクタの励磁コイルとモータ・リレーの電源端子(U、V)相を同じ相に入れる方がよい。
- (2) 進相用コンデンサはカレント・コンバータより電源側に入れる。
- (3) カレント・コンバータとモータ・リレー本体との接続は極性を間違えないようにする。この接続後に流れる電流は通常数mA、最大数十mAですから接続線の電流量には特に留意する必要はなく、電圧も通常は数十V以下、過電流時でも400V以下ですから600V絶縁電線でも問題ありません。
ノイズなどについても、特に気をつかう必要はありませんが、大電流線とはできる限り隔離することが望ましい。
- (4) 電圧端子(U、V、W)への相順を間違えないこと、反相要素が不要の場合(反相要素「切」)はU、Vだけです。相順は関係ありません。
- (5) U、V、W への配線はマグネット・コンタクタの前に入れる方がモータ起動前に反相検出ができて有利です。

図17. (a) Y-Δ起動モータの場合の外部接続

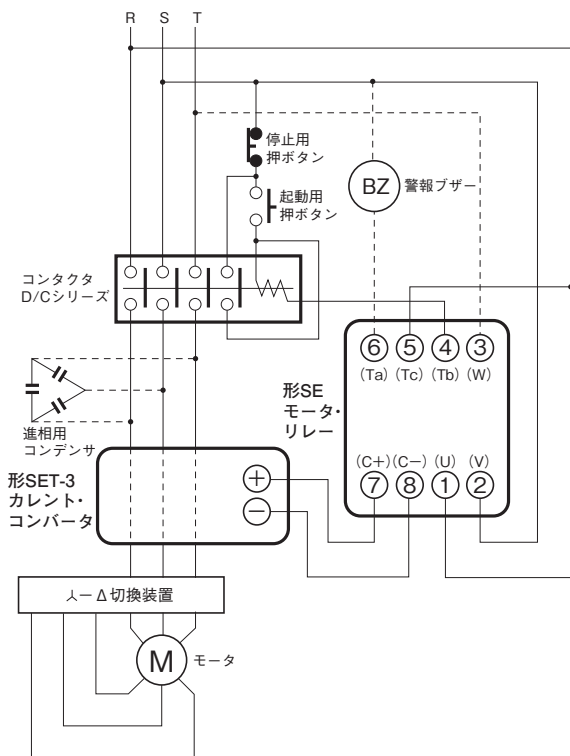
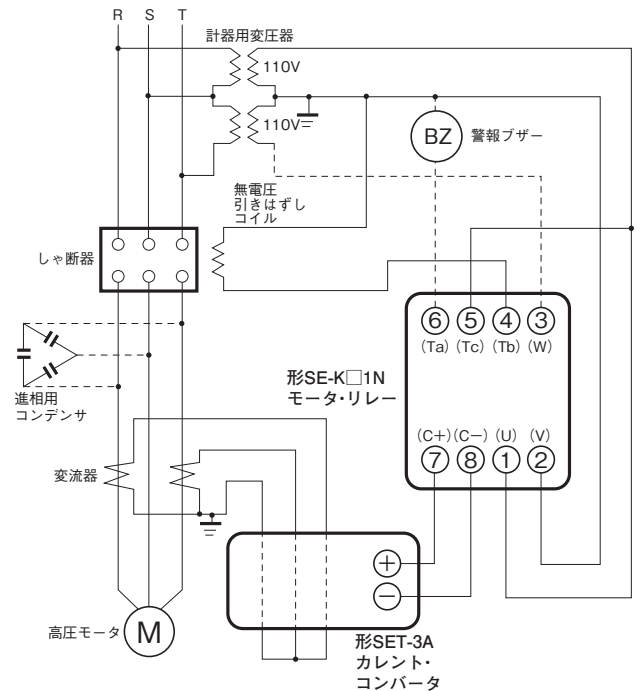


図17. (b) 高圧電動機無電圧引きはずしの場合の外部接続



モータ電流の不均衡

モータ電流の不均衡率は普通では数%程度ですが、多年使用したものやV結線変圧器を通してモータに電源が供給されている場合などでは10~20%以上の不均衡が観測されています。

次ページの参考に簡単な不均衡率の計算法を示していますので、測定してみてください。もし20%をこえる場合は△内部欠相検出は不可能な場合があります。

参考

不平衡率について

対称座標法によると三相の電流を各々 I_a 、 I_b 、 I_c またベクトルオペレータを

$$a \left(= -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) \text{とすると}$$

$$\text{不平衡率} = \frac{\text{逆相分}}{\text{正相分}} = \frac{I_a + a^2 I_b + a I_c}{I_a + a I_b + a^2 I_c}$$

と定義され、三相電流、電圧の不平衡の程度を示す尺度として使用されます。しかし、この計算は面倒ですから次に示す不平衡率計算表を用いると簡単に不平衡率が求められます。図18は三相入力3つの絶対値を知ってその不平衡率を求めるためのグラフです。

たとえば三相交流入力のA相の電流 $I_A=50\text{A}$ 、B相の電流 $I_B=35\text{A}$ 、C相の電流 $I_C=45\text{A}$ であったとすると、電流 I_A を基準にとり、電流 I_A で他の相の電流を除いて、

$$K_A = \frac{50}{50} = 1.0, K_B = \frac{35}{50} = 0.7, K_C = \frac{45}{50} = 0.9$$

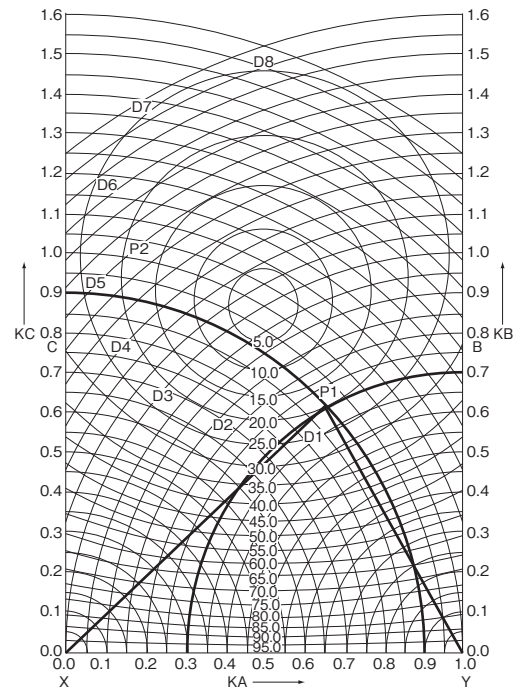
を求めます。そして右側縦軸の $K_B=0.7$ の位置よりでる円弧Bおよび左側縦軸の $K_C=0.9$ の位置よりでる円弧Cとの交点P1を確認します。点P1は不平衡率20%を示す円上に位置するから、この場合の不平衡率は20%と判断されます。

また、 $I_A=50\text{A}$ 、 $I_B=65\text{A}$ 、 $I_C=50\text{A}$ のときは、 $K_A=1.0$ 、 $K_B=1.3$ 、 $K_C=1.0$ となり、この場合、各々よりの円弧の交点はP2であり、この点P2もほぼ不平衡率20%の円上にあるので不平衡率は20%と判断されます。このように K_B 、 K_C からでる円弧の交点が不平衡率の20%の円上にある組み合わせにおいてはすべての不平衡率は20%となり、同一不平衡となる組み合わせは無数にあることがわかります。

同様にD1～D8はすべて不平衡率25%の組み合わせを表わしています。

ここで $\triangle P_1XY$ を考えてみると $\overline{XY} = I_a$ 、 $\overline{PX} = I_c$ 、 $\overline{PY} = I_b$ すなわち $\triangle P_1XY$ は I_a 、 I_b 、 I_c のベクトル図を示しています。

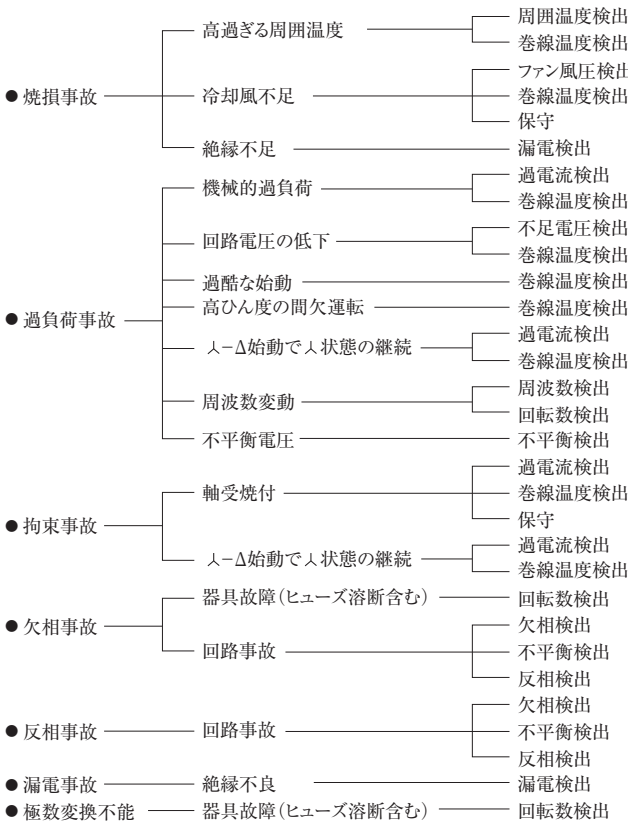
図18. 三相電流、電圧の不平衡率計算図表



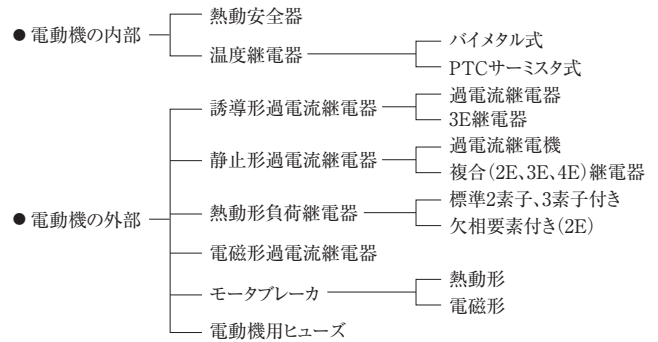
モータ保護

モータ回路の故障には様々なケースがあり、それらの故障を保護するためには、その目的に適した保護機器を用いなければなりません。モータの事故内容と保護方式を次に示します。

モータの保護機器には、3Eリレー、サーマルリレー、モータブレーカ等種々のものがありますが、それ等をまとめて次に示します。



モータの保護機器は、各々いくつかの特異的な機能を有しています。しかし、それらの機能も正しく運用されなければその能力を発揮することはできません。そのためには、保護目的に合った保護機器を選ぶ必要があります。



誘導電動機の保護

誘導形のモータも種々のタイプがあり、故障現象も様々です。それぞれのタイプに適した保護機器の一覧表を次に示します。

注. ◎：確実に保護可能
 ○：ほとんどの場合に保護可能
 △：条件付き保護可能
 □：保護不可能な場合が多い
 ×：保護不可

誘導電動機の保護目的と適用保護継電器

保護対策		適用リレー		飽和リアクトル付きサーマルリレー	2E式サーマルリレー	速動形サーマルリレー	静止形3E(4E)リレー		埋込形(PTCサーミスタ式)保護リレー	モータブレーカ	
		2素子付き	3素子付き				一般電動機保護用	水中電動機保護用			
過負荷	標準責務	一般かご形電動機	◎	◎	○	◎	○	◎	△	◎	○
		単相電動機	◎	○	○	○	○	○	△	◎	○
		巻線形電動機	○	○	○	○	○	○	△	◎	○
		水中電動機	△	△	×	△	○	△	◎	◎	□
過負荷	間欠運転	一般かご形電動機	△	△	○	△	□	△	△	◎	△
		単相電動機	△	△	△	△	△	△	△	◎	○
		巻線形電動機	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		水中電動機	△	△	□	△	○	△	△	◎	□
拘束		一般かご形電動機	◎	◎	○	◎	◎	○	△	◎	○
		単相電動機	△	△	△	△	△	△	△	◎	△
		巻線形電動機	△	△	□	△	◎	△	◎	◎	□
		水中電動機	△	△	□	△	◎	△	◎	◎	□
配電系異常		欠相運転(焼損防止)	△	○	□	◎	△	◎	◎	◎	□
		三相不平衡運転	□	□	□	△	□	◎	◎	◎	×
		短絡	□	□	△	△	□	□	□	×	○
		過・不足電圧	○	○	○	○	○	○	○	◎	×
		漏電	×	×	×	×	×	◎(4E)	◎(4E)	×	×
		地絡	△	△	△	△	△	◎(4E)	◎(4E)	×	○
反相	×	×	×	×	×	◎	◎	×	×		

■3Eリレーによる保護

モータの保護機器としては、前ページに示すように種々のものがありますが、特に3Eリレー(過負荷要素、欠相要素、反相要素)によるモータ保護について説明します。

過負荷保護

過負荷要素はモータ保護機能で、この要素が正常に発揮されればモータ保護の大部分がカバーできます。過負荷の確実な保護のためには、3Eリレーの動作値整定、および動作時間整定を正しく行うことが必要です。

保護機能を発揮させるための保護協調曲線は次の手順で作成します。

モータ保護協調

モータの保護協調を考える場合、回路に接続されている機器相互の協調を検討することが必要です。以下に検討事項を列記します。

電磁開閉器	<ul style="list-style-type: none"> ・開閉容量は必要十分か ・短絡電流通電に耐えるか。
ノーヒューズしゃ断器 (MCCB)	<ul style="list-style-type: none"> ・短絡電流をしゃ断できるか。 ・モータのラッシュ電流で誤動作しないか。
分岐回路の電線	<ul style="list-style-type: none"> ・MCCBがしゃ断するまでの時間短絡電流に耐えるか。 ・MCCB、サーマルリレーまたは3Eリレーの動作するまでの時間、過負荷電流に耐えるか。
サーマルリレーまたは3Eリレー	<ul style="list-style-type: none"> ・電動機の過負荷、拘束時の保護ができるか。 ・MCCBまたはPFと過電流保護協調がとれているか。

保護協調曲線の作成

モータの定格値、始動電流値、始動時間、過熱特性等を調べる。



3Eリレーの動作値、動作時間をモータに合わせてセットする。



モータの過熱特性、始動電流ならびに3Eリレーの過負荷保護特性をプロットする。

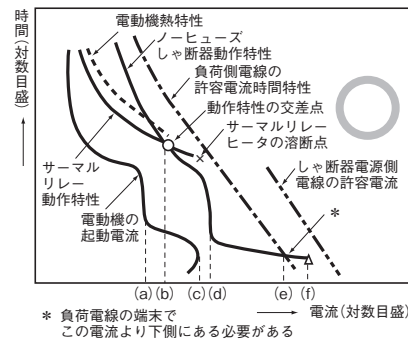


保護協調の検討

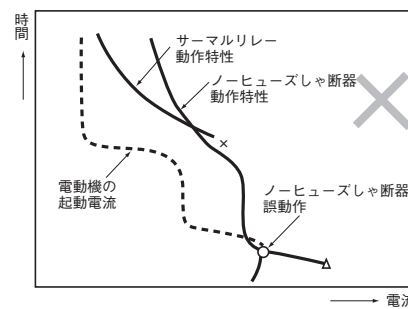
- ・始動電流で誤動作しないか。
- ・3Eリレーの保護曲線はモータの限界曲線の下側か。
- ・3EリレーとMCCB、MCCBとモータなどの協調がとれているか。

保護協調曲線の正しい例と、正しくない例を図に示します。

正しい保護協調曲線



正しくない保護協調曲線



欠相保護

欠相状態とは、モータの電源線の断線や接続部のゆるみ、開閉器の接触不良、モータの内部断線などによって、モータが単相運転された状態をいいます。この状態になりますと、モータの線電流の増加と比較して相電流の増加が著しく、巻線の温度上昇が許容値を超えてモータ焼損にいたるケースが発生します。このような場合は、過負荷検出ではなく欠相検出によって保護しなければなりません。欠相事故と電流変化を図に示します。この図のポイントは、図中の2、3、5のケースでは相電流の増加が線電流の増加と比較して大きくなっており、この場合には線電流の過負荷検出では故障を検出できない場合が生じるということです。

欠相検出感度は固定になっていますので、ユーザサイドにおける協調のための動作値整定は必要ないのですが、難しい故障現象ですので一例を紹介しました。

反相保護

相順が逆ですと、モータの回転方向は逆になります。反相要素は電源の相順を検出し、反相の場合にモータ始動をロックします。相順検出は、一度正しく設置すれば不要となりますので、モータの保護としては副次的な要素ですが、負荷の保護などに有効です。

欠相事故と電流変化

欠相状態	回路パターン		運転状態の欠相電流と負荷率		始動電流 欠相 三相 ×100(%)	欠相時の温度上昇
			線電流	相電流		
電源直接欠相	No.1			86.6		
	No.2			86.6		
△相内欠相	No.3			I ₂ = 100 (%) I ₁ , I ₃ = 58 (%)		
変圧器一次側欠相	No.4			I ₃ = 100 (%) I ₁ , I ₂ = 50 (%)		
	No.5					
電圧不平衡	No.6	—		—		

保護協調と保護継電器

保護協調とは

保護継電器を説明する上で保護協調という言葉が数多く使われています。

保護継電器の役割は電力系統の事故(故障)が発生した場合、事故を検出し、すみやかに事故区間を切り離し、他の健全回路を守ることにあります。事故による異常を継電器が検出、判断、そして処理する過程において他の健全回路が誤って動作しないよう、保護機能が相互に協調をとりながら健全回路へ給電を継続すること、ならびに負荷機器、回路機器、および開閉路が損傷しないように保護機器の保護レベルを調整し役割を果たすことを保護協調といいます。保護協調の中には電力を送るケーブルの保護協調、電圧を変換する変圧器の保護協調といったように目的、用途により協調の意味する内容が変わります。たとえば、需要家設備における過電流継電器(OCR)と配線用しゃ断器(MCCB)の保護協調を考えた場合、保護協調の考え方は次のようになります。

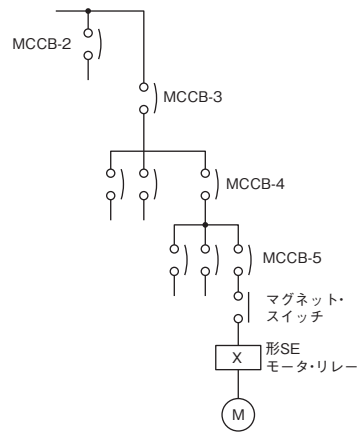
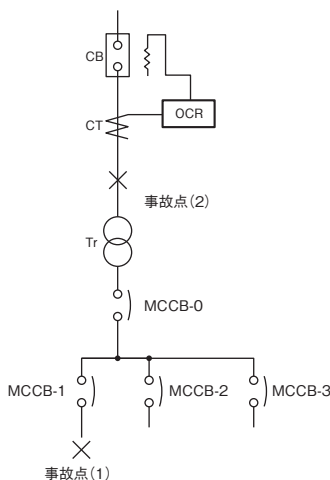
保護継電器と配線用しゃ断器の保護協調

保護協調は先ほど述べたように事故が発生した場所をすみやかに切り離し、健全回路を確保することにありますので、前述のような設備を考える上での各機器における協調特性は下図のように保護協調特性を配慮し、万一、事故点(1)で事故が発生した場合は必ずMCCB-1で回路をしゃ断し、上位に事故が波及しないように設計、部品の選択をします。

項目	内容
事故点(1)	事故点(1)で事故が発生した場合は必ずMCCB-1で保護しなければ事故の波及が上位のMCCB-0を動作させ、MCCB-0以下が全停電となります。
事故点(2)	事故点(2)で発生した場合はOCRで守り、上位への波及を防ぎます。

保護協調のとり方を簡単に説明しましたが、さらに保護を細分化して下位を考えた場合、事故発生箇所をいかにくいじめ、上位への波及を保護するかということです。

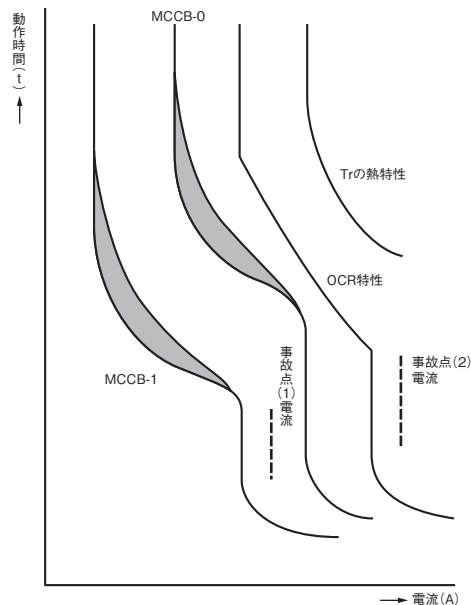
回路



このためMCCB-5から見たMCCB-4は上位で、さらにMCCB-3はその上位にあります。このように上位の保護装置が設備保護装置で一般的にはバックアップと呼ばれ、上位に行くほど広範な回路保護を必要とし、しゃ断特性も遅くなるように保護協調をとっています。

しかし保護協調を考える場合、まだまだ数多くの検討項目が残っています。それは、各MCCBから見た場合の負荷の突入電流であり、短絡電流にも破損しないような線路の選択であり、OCRとトランスの熱特性などの協調です。詳細につきましては専門書をご参照していただくとして、以下に保護協調の基本的事項を記載しました。

保護協調特性



保護協調の基本的検討事項

保護協調を考慮する場合に検討しなければならない基本的事項には下記のものがあります。

- ・ 機器、ケーブルなどの過電流耐量や過電圧耐量。
- ・ 変圧器、電動機、コンデンサ等の負荷機器に発生する突入電流や始動電流。
- ・ 保護継電器や保護装置の動作特性。

以上の項目を、保護協調曲線用紙上にプロットしたときに満足しなければならない原則的な事項としては次のものがあります。

- ・ しゃ断器のしゃ断容量は、設置点の短絡電流以上であること。
- ・ 保護装置の動作時間は、線路や機器の損傷時間よりも短いこと。
- ・ 保護装置は、変圧器の突入電流や電動機の始動電流で誤動作しないこと。
- ・ 直列に入っている保護装置相互では電源側に近い程、時限を長くとするなどの処置をして故障の極限化を計る。

保護協調曲線の作成

保護協調曲線用紙に次の内容を記入していきます。

1	系統図	・ 保護対象の単線結線図 ・ 線路、機器の特性 ・ 保護装置の整定タップ値
2	保護対象の特性	・ 保護対象の過電流耐量、突入電流
3	事故電流	・ 事故点を想定して算出された事故電流 ・ 保護装置への入力
4	保護装置	・ 保護装置の特性 (保護協調がとれるように図上で検討) ・ 上位および下位からの制約条件

系統図の記入方法

系統図は協調曲線用紙の右上部に単線結線図にて記入します。

記入するデータ	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 主回路機器、負荷 ・ ケーブル ・ 保護機器 	
記入事項	
・ 系統電圧	
・ しゃ断器 (CB)	: 定格しゃ断容量、全しゃ断時間
・ 配線用しゃ断器 (MCCB)	: 定格電圧、定格電流
・ 気中しゃ断器 (ACB)	: 定格電流
・ 変流器 (CT)	: 定格、変流比
・ ケーブル	: 種別、太さ
・ 変圧器 (T)	: 定格容量、電圧、%インピーダンス、タップ値
・ 電動機 (IM)	: 定格容量、電流、始動電流
・ 過電流継電器 (OCR)	: 整定タップ値(電流、時間)
・ 地絡継電器 (GR)	: 整定タップ値(電流、電圧、時間)
・ 静止形モータリレー (3E)	: 定格電流、整定タップ値(電流、時間)
・ 熱動形継電器 (THR)	: 定格電流、整定タップ値
・ 電力ヒューズ (PF)	: 定格電流

保護対象

保護対象の主なものには下記のものがあります。

- ・ 線路 : ケーブル
- ・ 負荷機器 : 電動機、変圧器

これらの特性については個別の保護協調のところで説明します。

短絡電流の算定

過電流保護の基礎となるのは系統の短絡電流の算定です。

短絡電流の算定には%インピーダンス法が一般的に利用されていますが、詳細な内容については専門書を参照してください。

この方法は以下に示す手順で処理されます。

%インピーダンスを求める式

$$\%Z_1 = \%Z \cdot \frac{\text{基準容量 } P_1 \text{ (kVA)}}{\text{定格容量 } P_R \text{ (kVA)}}$$

または

$$\%Z_2 = \%Z_1 \cdot \frac{\text{基準容量 } P_2 \text{ (kVA)}}{\text{基準容量 } P_1 \text{ (kVA)}}$$

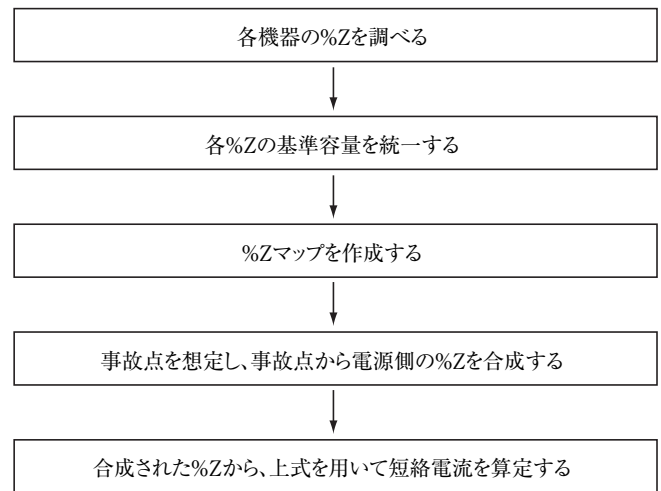
と、異なる基準容量の%Zに変換することができます。

短絡電流Isを求める式

$$I_s = \frac{100P}{\sqrt{3} \cdot \%Z} \text{ (A)}$$

P	: 基準容量 (kVA)
V	: 線間電圧 (kV)
%Z	: 合成%インピーダンス

短絡電流計算手順



- 注1. 受電点より電源側の%Zは、短絡容量Ps(電力会社より提示)とすれば次のようになる。
%Z=100P/Ps
2. 変圧器のインピーダンス。
主として1次電圧および変圧器容量によって決まる。
3. 電動機のインピーダンス。
%Zは約20~25%として考える。
高圧モータは事故時に、短時間は発電機として作用するので短時間の事故現象には注意を要する。
4. 配線のインピーダンス。
%インピーダンスは、リアクタンス分Xと抵抗分Rを考慮する。

保護装置

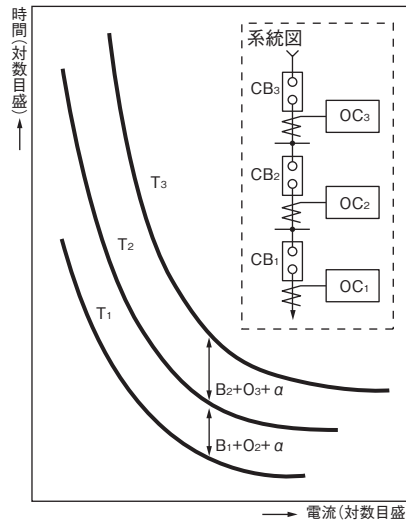
受電盤などに使用する保護装置には、過電流継電器をはじめ種々のしゃ断器、パワーヒューズなど、その保護目的に応じて各種ありますが、保護協調を考える場合これらの機器の特性を十分検討しなければなりません。

保護装置の検討事項

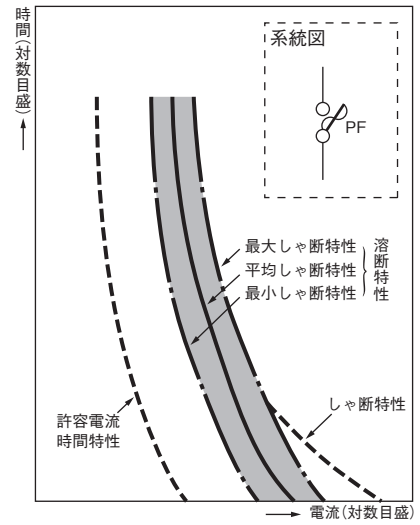
(1) 過電流継電器(OCR)

- ・上位継電器と下位継電器との間の時間協調(段協調)。
- ・限時特性。
時間特性曲線(限時特性、瞬時特性)にて、OCRとPFまたはMCCBなどの保護機器との関係、ならびにOCRと被保護機器限界曲線との関係。

過電流継電器保護協調曲線



電力用ヒューズ(PF)保護協調曲線



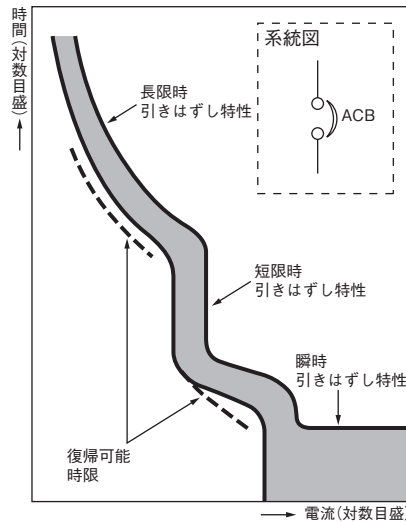
(2) 電力用ヒューズ(PF)

- ・許容電流時間特性。
下位の保護機器や負荷機器の特性とヒューズエレメントの劣化のない限界値特性。
- ・溶断特性。
ヒューズエレメントの溶断しはじめる電流・時間特性。
- ・しゃ断特性。
上位保護機器との関係。

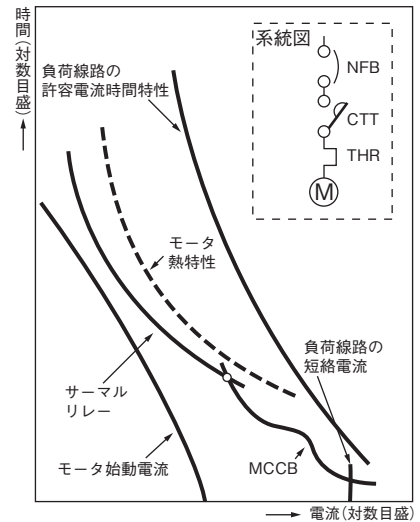
(3) 気中しゃ断器(ACB)

- AC1,000V未満、DC3,000V以下の回路に使用の場合の主な特性。
- ・長時間引きはずし：過負荷保護 5~30s(コイル定格の600%)。
 - ・短限時引きはずし：過負荷保護 0.1~1s(整定目盛の25%)。
 - ・瞬時引きはずし：短絡保護。

気中しゃ断器(ACB)保護協調曲線



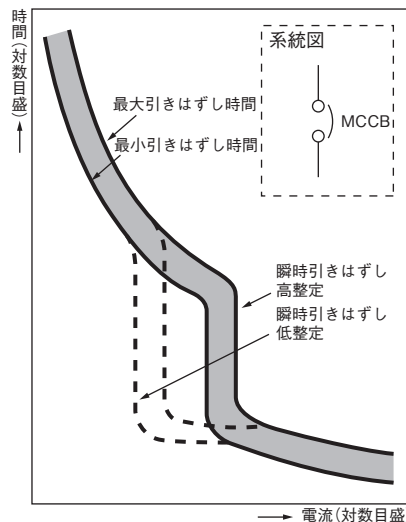
電動機保護協調曲線



(4) 配線用しゃ断器(MCCB)

- ・定格電流 5,000A 以下、AC600V 以下、DC750V 以下。
個々の特性はメーカー提示。

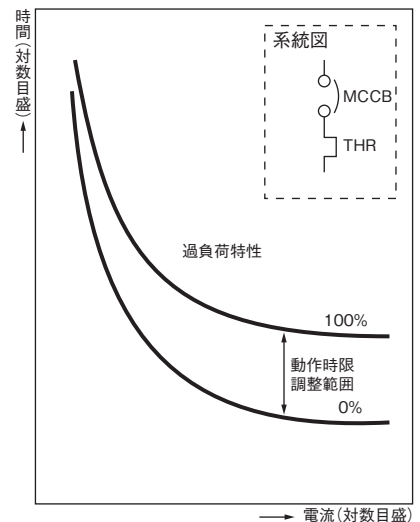
配線用しゃ断器(MCCB)保護協調曲線



(5) 熱動形継電器(THR)

- ・過負荷保護特性。
モータの熱特性との関係。
- ・欠相保護特性。
欠相による電流不平衡との関係。

熱動形継電器保護協調曲線

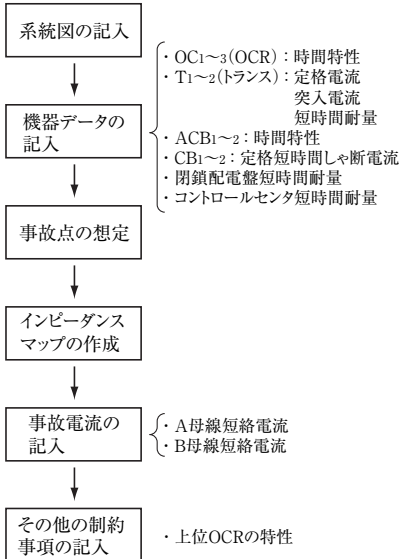


線路の過電流保護協調

線路保護協調について説明します。

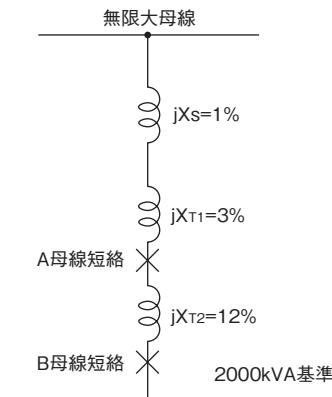
保護協調曲線の作成

保護協調曲線を次の手順で作成します。



短絡電流の計算

%インピーダンス法で短絡電流を計算します。図中の系統のインピーダンスマップは下図のようになり、このマップから求めたA母線、B母線における短絡電流は下記のとおりとなります。



$$I_{SA} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3}V \cdot X_{SA}} = \frac{100 \times 2000}{\sqrt{3} \times 6.6 \times 4} = 4380A$$

$$I_{SB} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3}V \cdot X_{SB}} = \frac{100 \times 2000}{\sqrt{3} \times 6.6 \times 16} = 1095A$$

ここに

$$X_{SA} = X_S + X_{T1} = 4\%$$

$$X_{SB} = X_S + X_{T1} + X_{T2} = 16\%$$

ここで計算したIは6.6kV側の換算値です。

保護協調の検討

協調曲線上に必要なデータが記入されると、各データ間で正しく協調がとれているかを検討します。

OCの協調はとれているか

・隣接するOCの時限は次の関係を満足すること。

$$T_{n+1} = T_n + B_n + O_{n+1}$$

- T_{n+1}: 上位OC動作時限
- T_n: 下位OC動作時限
- B_n: 下位CB全しゃ断時間
- O_{n+1}: 上位OC慣性動作時間
- α: 余裕時間

O_{n+1}の慣性動作時間は、動作時間と慣性特性測定時の入力印加時間との差をいいます。(JISの静止形OCRでは、動作時間の約10%に相当します。)

ACB₁、ACB₂の重なりはないか

・重なりのないようにすること。

被保護機器の保護は万全か

- ・OC₁でA母線の短絡保護。
- ・OC₂でT₂の保護。
- ・OC₃でコントロールセンタの保護。各々の保護ができること。

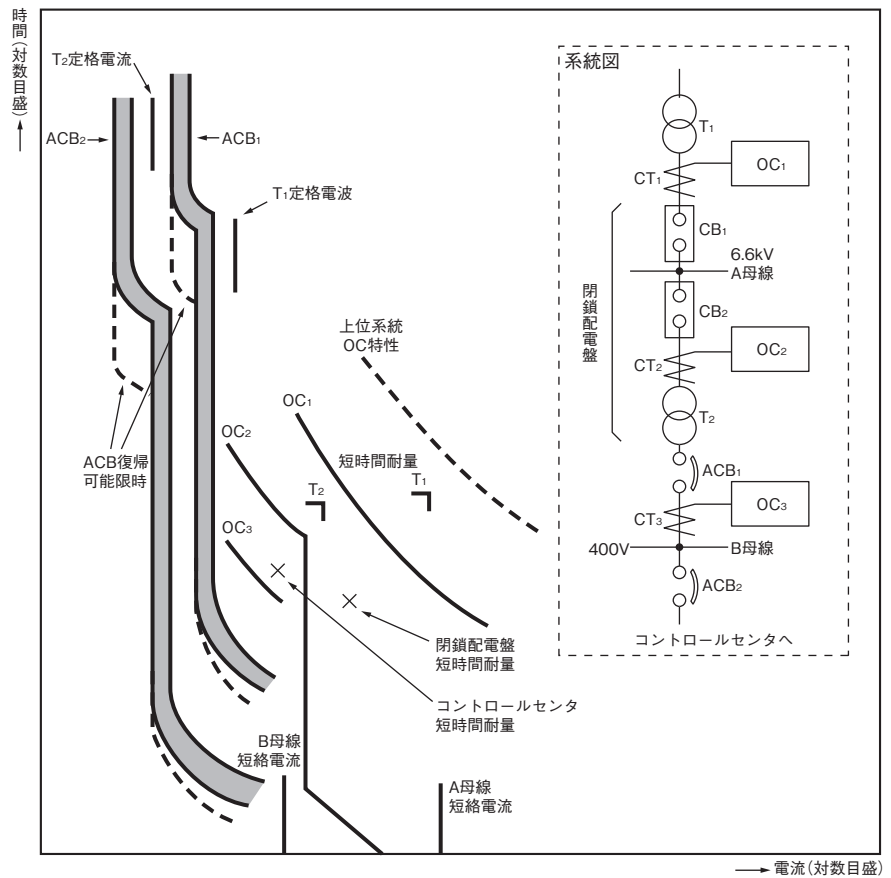
保護機器の耐量は十分か

- ・CB₁でA母線短絡電流のしゃ断。
- ・CT₁でA母線短絡電流の通過・検出。
- ・ACB₁でB母線短絡電流のしゃ断。
- ・CT₃でB母線短絡電流の通過・検出。各々に耐えること。

過渡入力での誤動作はないか

- ・T₂のラッシュ電流でOC₂が誤作動しないこと。

保護協調曲線



ケーブルの保護協調

ケーブルの仕様を決定するには、通電容量のみではなく短絡電流の大きさにも考慮を払う必要があります。

系統の条件

- ・系統電圧 : 6kV
- ・定格負荷電流 : 70A
- ・こう長 : 20m
- ・種類 : CVケーブル(3心1条)
- ・布設条件 : 空中暗渠式

ケーブルの選定

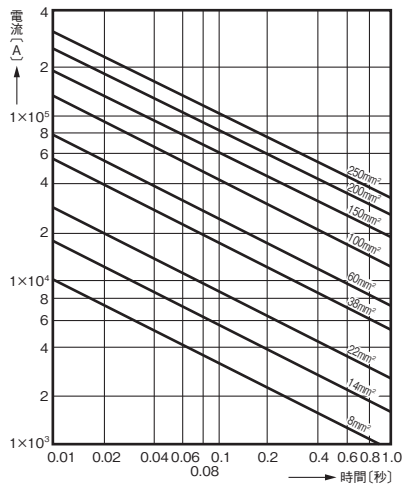
「CVケーブルの許容電流値表」から、余裕をみて22mm²のケーブルを選び出します。

通電容量は105Aまで可能ですから、70Aに比べて十分余裕があります。

CVケーブル許容電流値表

布設条件	空中暗渠式		管路式	
	単心 3条	3心 1条	単心 4孔3条	3心 4孔4条
公称 断面積				
250mm ²	645A	490A	550A	320A
200mm ²	535A	410A	470A	275A
150mm ²	475A	360A	415A	250A
100mm ²	350A	260A	315A	185A
60mm ²	265A	195A	245A	150A
38mm ²	200A	145A	190A	115A
22mm ²	140A	105A	135A	84A
14mm ²	110A	83A	107A	67A
8mm ²	79A	59A	78A	49A

次にケーブルの送り出し端での3相短絡事故時の短絡電流が「CVケーブルの短時間耐量」を超過しているかどうかを検討します。



次項に示すように、この場合の短絡電流は5770Aで、OCR+CBの保護のしや断時間0.2sを考慮して表中にプロットしますと、38mm²のケーブルで十分耐え得ることがわかります。CBの代わりにPFで保護する場合はしや断時間が0.01s以下ですので、8mm²のケーブルでも保護ができます。

短絡電流の計算

この計算の条件としては、

- ・系統電圧V : 6kV
- ・電源短絡容量Ps : 60MVA
- ・定格負荷電流I : 70A
- ・CVケーブル(22mm²)のインピーダンスZ : 0.840Ω/km
- ・CVケーブル(22mm²)の恒長20m

そこで、基準容量(P)を6MVAとして%インピーダンスを求めます。

電源側のインピーダンスはすべてリアクタンス分とし、ケーブルのそれは抵抗分として、

$$\%X = 100 \frac{P}{P_s} = 100 \frac{6}{60} = 10(\%)$$

$$\%R = Z \cdot \frac{P}{10V^2} = 0.840 \times \frac{20}{1000} \times \frac{6000}{10 \times 6^2} = 0.28\%$$

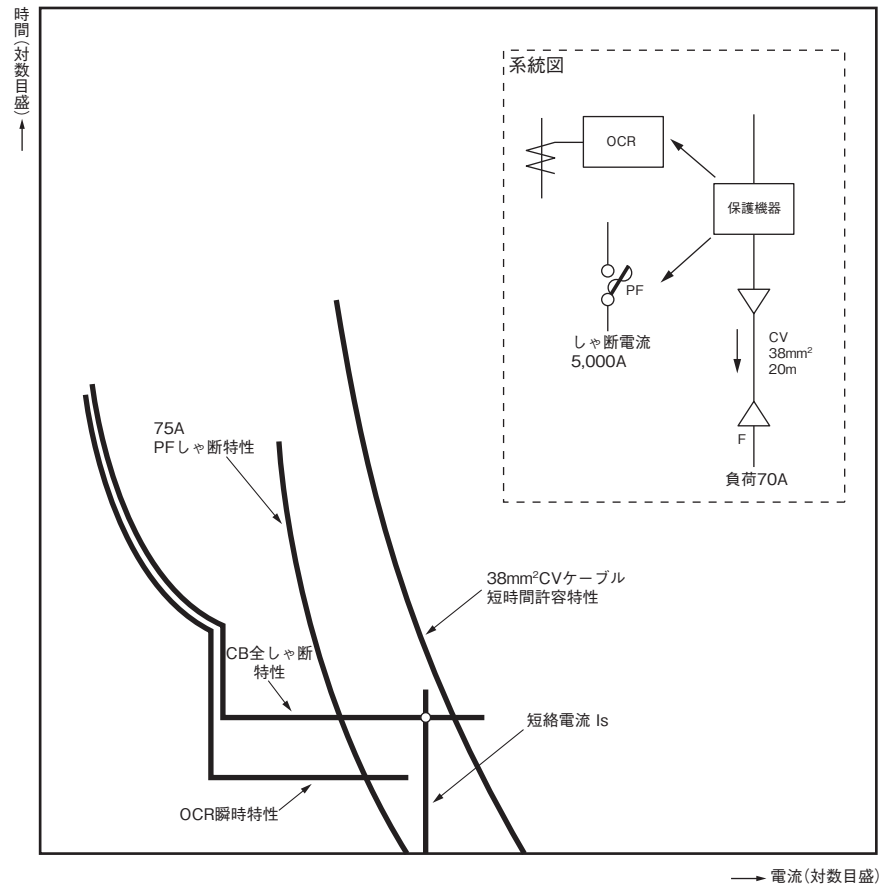
$$\%Z = \sqrt{(\%R)^2 + (\%X)^2} = \sqrt{0.28^2 + 10^2} = 10\%$$

短絡電流Isは、

$$I_s = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot \%Z} = \frac{100 \cdot 6000}{\sqrt{3} \times 6 \times 10} \approx 5770A$$

保護協調曲線

保護協調曲線は、上記で求めた諸データと保護機器の特性を協調曲線上にプロットし、協調の良否を判定します。



→ 電流 (対数目盛)

変圧器の保護協調

変圧器の故障原因と保護機器

変圧器の故障原因とその保護機器には次のものがあります。

原因	保護機器
過負荷	温度計(警報つき)、過電流継電器(OCR)、サーマルリレー
内部事故	ブッフホルツ継電器 比率差動継電器
2次側電路の短絡	電力ヒューズ(PF) 過電流継電器(OCR)

変圧器の特性

変圧器の特性の中で特に保護上必要な特性の例を次に示します。

変圧器励磁突入電流例(実効値換算)

変圧器	項目	倍率(倍)	減衰時間(Hz)
単相変圧器 6.6kV/210V	50kVA	10~18	2~7
	100kVA	10~17	1.8~10
	150kVA	10~15	2~10
三相変圧器 6.6kV/210V	300kVA	5.5~12	2~10
	500kVA	5.5~12	2.6~5

変圧器の短絡強度

熱的強度		2s	熱的強度 電流×2.5倍
① 自己インピーダンスで制限される電流			
② ただし、%Z4%未満のものは定格電流の25倍			

保護協調のチェックポイント

保護機器	チェックポイント
PF	<ul style="list-style-type: none"> 変圧器の許容過負荷でヒューズエレメントが劣化しない 変圧器の励磁突入電流でヒューズエレメントが劣化しない 2次側短絡時、変圧器の耐量以内でしゃ断する 上、下位保護機器との協調
OCR	<ul style="list-style-type: none"> 突入電流で誤動作しない 上、下位保護機器との協調

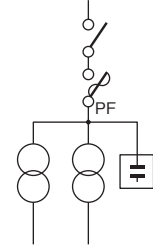
PFの適用

単相変圧器、三相変圧器を一括して電力ヒューズで保護する場合の適用例を表に示します。

PFの適用例(T社Qヒューズの場合)

項目	単相(kVA)										
	5	7.5	10	15	20	25	30	50	75	100	
三相(kVA)	5	5A									
	7.5										
	10		10A								
	15										
	20				15A						
	25										
	30						20A		30A		
	50										
	75										
	100										
	150										
	200						40A				
250											
300									50A	75A	

- 下図のように3φ、1φ、変圧器および、高圧コンデンサの保護用として電力ヒューズを使用した場合の電力ヒューズの定格電流を示したもの。
- 変圧器励磁突入電流は、変圧器定格電流×10倍0.1秒通電相当と仮定。



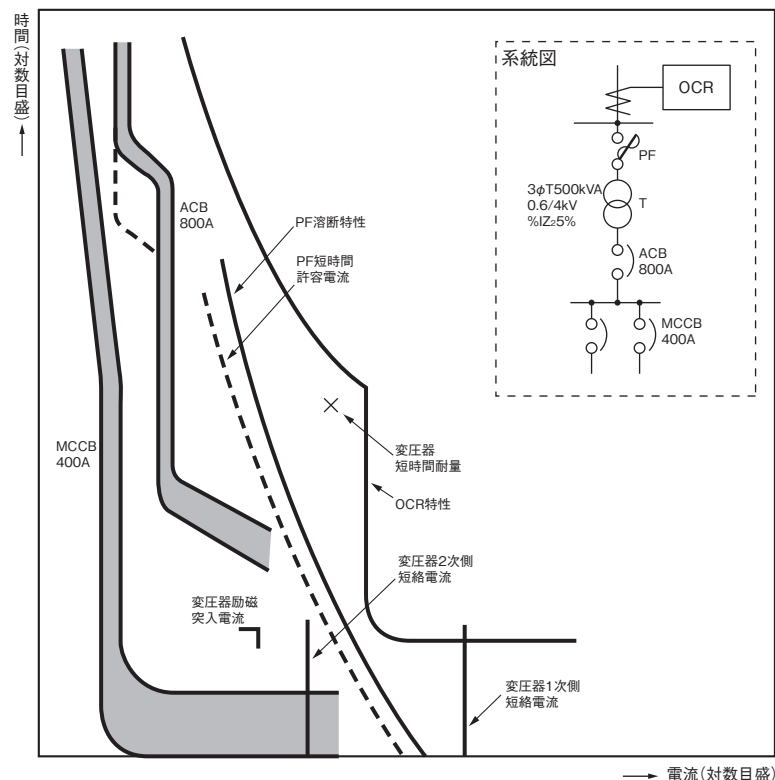
- 高圧コンデンサの容量が変圧器バンク容量の1/3以下と仮定し、コンデンサの充電電流は無視。

実例の検討

保護協調曲線をもとに検討します。

- OCR : 変圧器の過負荷保護と高圧母線の短絡保護を受持、PF との協調がとれていること。
- PF : 変圧器の突入電流で劣化することなく、1次、2次側の短絡故障を適確に保護できること。
- ACB : 変圧器の過負荷保護用。
- MCCB : MCCB以降の短絡保護用。

変圧器の保護協調曲線



→ 電流(対数目盛)

過電流継電器の保護協調

電力システムで使用される継電器には、系統全体の中で保護協調がとれていなければなりませんし、過電流継電器も例外ではありません。受電端に設置される過電流継電器の保護協調を考えるのに必要な項目は、

- (1) 需要家内系統における短絡・過負荷事故において確実に動作すること。(事故点を想定し、インピーダンスマップを作成して故障電流を算出すること)
- (2) PF・CB形の場合には、PF(限流ヒューズ)とCB(しゃ断器)との責務分担が適切であること。(PFの容量およびCBのしゃ断容量の選定など)
- (3) 上位系統にある配電変電所 OCR との動作協調がとれていること。(OCRの慣性特性やしゃ断器の全しゃ断時間も考慮すること)
- (4) 需要家内の分岐OCRとも動作協調がとれていること。

- (5) 低圧側事故によって、受電端OCRが動作しないように低圧側MCCB(配線用しゃ断器)と動作協調がとれていること。
- (6) OCRの限時要素の動作時間は、負荷変圧器の熱特性曲線を超えないこと。
- (7) しゃ断器を投入した時に流れる変圧器の励磁突入電流により、OCRの瞬時要素が動作しないこと。
- (8) 事故時に変圧器・しゃ断器・ケーブル・CT(変流器)などの機器は、短絡強度や過負荷耐量に充分耐えられるものであること。
- (9) CTの選定に留意すること。(容量・過電流定数など)などがあります。

このうち、OCRの使用面(特にタップの整定)からみて大きく関係する項目は(3)～(7)と考えられます。

保護協調曲線の作成

系統に設置されている保護機器の動作時間特性が一枚の表に重ねて書かれ、これを保護協調曲線図と呼びます。電流値はすべて高圧側に換算して描きます。保護協調は、事故限定を目的としていますから、当該OCRは上位のOCRよりも必ず先に動作しなければなりません。ですから、受電端OCR(メイン側OCR)は配電変電所OCRよりも、同じ事故電流値において短い動作時間を持つ必要があります。

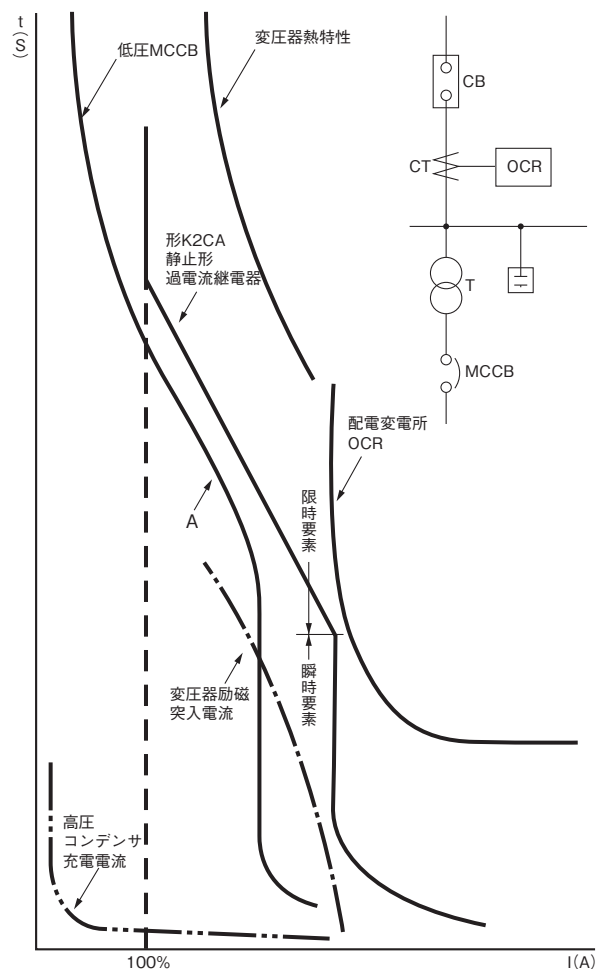
このためには、動作時間整定や動作電流整定に差をつけ、特性曲線が重ならないようにします。

さらに、受電端OCRと低圧側事故との協調にMCCBとの関係があります。低圧負荷は数多くのMCCBで分岐されて保護されますが、MCCBフレーム(電流値)が大きくなると、動作特性曲線のA部でOCRの動作特性と重なることがあります。この場合、低圧側の限定された事故であるにもかかわらず受電端のOCRの方が先に動作して、全停電となり不具合が生じます。これを防ぐためには、MCCBのフレームを分割するとか、限時要素部分の動作時間特性を傾斜の強い特性を持つOCRを使用して動作特性が重ならないようにする必要があります。

変圧器は寿命から規定される熱特性を持っており、これも保護協調曲線に描くことができます。変圧器の過負荷保護も受電端OCRの重要な役目の一つですから、OCRの動作特性はこの熱特性よりも下側に位置されなければなりません。

また、しゃ断器投入時に発生する変圧器への励磁突入電流との協調も考慮する必要があります。これについては次項で詳しく述べますが、受電端OCRにおいては瞬時要素のタップ整定に関係してきます。

OCRの動作時間特性



突入電流について

受電端のしゃ断器を投入すると、構内電気設備が充電され、過渡的な電流が流れます。このうち、①変圧器の励磁突入電流、②高圧コンデンサの充電電流について、受電端OCRへの動作影響を考えてみます。

変圧器の励磁突入電流

- ・変圧器が無励磁の状態でも1次側に電圧を急激に印加すると（投入すると）、変圧器には逆起電力が発生していませんので、鉄心の磁束は一時的に飽和してしまいます。リアクタンス分が零となり、変圧器の1次側が短絡されたのと同じ状態となり、過大電流が過渡的に流れます。第1波の波高値は、定格電流の十数倍から数十倍にも達し、ピークの接続時間は1~2Hz、定格電流に落ち着くまで2~3秒もかかります。これを励磁突入電流といいます。励磁突入電流の大きさと継続時間は、一義的に計算されず、①変圧器の種類、②印加電圧、③投入位相、④鉄心の残留磁束、⑤変圧器の負荷状況などにより大きく変化し、投入ごとに異なります。
- ・1次電圧が急に変動した場合にも、同じ現象が発生します。
- ・励磁突入電流は減衰するとはいえ、ピーク値が高く、また、接続時間も割と長いので、しゃ断器投入時にOCRが動作してしまう可能性があります。したがって、整定値を決定するための保護協調曲線を描く時には、この励磁突入電流を必ず考慮しなければなりません。
- ・励磁突入電流によりOCRが動作するからといって、しゃ断器投入時にOCRをロックしてしまうことはできませんので、保護協調曲線を描く中で、励磁突入電流で動作せず、短絡事故では確実に動作するよう整定値(特に瞬時要素動作電流値)を選択することになります。

次にこの方法について述べます。

- (1) 定格電流の10倍の電流のポイントは0.1秒とする考え方
従来、励磁突入電流は、変圧器の定格電流の10倍の電流値と0.1秒の時間のポイントをプロットし、これをOCRの動作時間特性曲線が下がること、という考え方がありました。しかし、これでは1ポイントのため、その前後はどうかということについては判りませんし、変圧器の小型化が進んでいる現状では、むやみに瞬時要素のタップ値を大きくすることになっていました。(次項の計算からみると安全サイドで考えすぎています)
- (2) 励磁突入電流の経過時間ごとの電流値より曲線を書く考え方
最適な瞬時タップ値を選択するためには、少なくとも保護協調曲線上に表わされる励磁突入電流の減衰カーブを知る必要があります。
右表は変圧器の容量ごとに時間経過後の電流値を計算したものです。計算のベースとなったものは、変圧器メーカーから提出された、①第一波波高値(倍数)、②減衰時定数(サイクル)、③励磁突入電流の実効値-時間曲線などです。具体的に保護協調曲線に描き込めるように電流値で表わしてあります。たとえば油入の三相変圧器300kVAでは、0.01秒時には218A、0.05秒時には146A、0.1秒時には119A流れることとなります。したがって、この値をプロットしていきます。この系統にさらに単相100kVAの変圧器があれば、この変圧器分の電流を加算していき、0.01秒時には218+272=490Aをプロットします。
この表における数値は、最大値付近で計算されていますので、この表に基づいて励磁突入電流曲線を描くことによって、ほぼOCRの動作を防ぐことができます。

変圧器励磁突入電流(単相) : 6,600V

種別	変圧器の容量		時間経過後の電流値 (A)					
	容量 (kVA)	定格電流 (A)	0.01s 後	0.05s 後	0.1s 後	0.5s 後	1s 後	5s 後
油入変圧器	10	1.5	35.6	21.1	16.1	7.2	5.3	2.4
	20	3.0	67.2	42.0	32.6	14.7	10.5	4.8
	30	4.5	97.9	61.2	47.4	21.4	15.3	7.0
	50	7.6	165	109	85.3	38.8	28.4	12.9
	75	11.4	212	139	109	49.6	36.4	16.5
	100	15.2	272	179	140	63.8	46.8	21.3
	150	22.7	349	234	191	92.6	65.4	28.9
	200	30.3	427	287	233	113	80.0	35.3
	300	45.5	524	360	303	147	106	50.8
モールド変圧器	10	1.5	30.7	18.2	13.9	6.2	4.6	2.1
	20	3.0	57.6	34.2	26.1	11.7	8.6	3.9
	30	4.5	77.8	48.6	37.7	17.6	12.2	5.6
	50	7.6	107	66.9	51.8	23.4	16.7	7.7
	75	11.4	153	101	79.0	35.9	26.3	12.0
	100	15.2	175	115	90.3	41.0	30.1	15.2
	150	22.7	218	146	119	57.9	40.9	22.7
	200	30.3	271	187	153	76.4	55.1	30.3
	300	45.5	379	266	225	112	82.8	45.5
500	75.8	631	453	394	217	158	75.8	

変圧器励磁突入電流(三相) : 6,600V

種別	変圧器の容量		時間経過後の電流値 (A)					
	容量 (kVA)	定格電流 (A)	0.01s 後	0.05s 後	0.1s 後	0.5s 後	1s 後	5s 後
油入変圧器	20	1.7	28.3	16.8	12.8	5.7	4.2	1.9
	30	2.6	43.3	25.7	19.6	8.8	6.4	2.9
	50	4.4	64.8	40.5	31.4	14.2	10.1	4.7
	75	6.6	76.0	47.5	36.8	16.6	11.9	6.6
	100	8.7	94.7	59.2	45.8	20.7	14.8	8.7
	150	13.1	117	77.0	60.5	27.5	20.2	13.1
	200	17.5	146	95.6	75.1	34.1	25.0	17.5
	300	26.2	218	146	119	57.9	40.9	26.2
	500	43.7	308	212	178	86.5	62.5	43.7
	750	65.6	462	325	274	137	101	65.6
	1,000	87.5	616	433	366	183	135	87.5
モールド変圧器	1,500	131	755	542	472	259	189	131
	2,000	175	896	672	616	364	252	175
	10	0.9	15.6	9.2	7.0	3.2	2.3	1.0
	20	1.7	27.2	16.2	12.3	5.5	4.0	1.8
	30	2.6	41.6	24.7	18.9	8.5	6.2	2.8
	50	4.4	62.0	38.7	30.0	13.6	9.7	4.5
	75	6.6	88.7	55.4	43.0	19.4	13.9	6.6
	100	8.7	111	73.1	57.4	26.1	19.1	8.7
	150	13.1	151	99.0	77.8	35.4	25.9	13.1
	200	17.5	190	125	98.2	44.6	32.7	17.5
	300	26.2	252	169	138	66.8	47.2	26.2
500	43.7	420	295	249	125	91.8	43.7	
750	65.6	504	354	299	150	110	65.6	
1,000	87.5	616	443	385	212	154	87.5	

高圧コンデンサの充電電流

系統に進相用のコンデンサがあると、しゃ断器投入時に、過渡的な充電電流が流れます。変圧器の励磁突入電流に比べると、線路定数が小さな値のため、時定数は極めて小さく、すぐに減衰してしまいます。したがって、OCRの瞬時要素の動作時間レベルの0.02~0.05秒ではすでに、定常状態となり、OCRが動作することは考えられません。しかし、ピーク時は数10倍~100倍にもなることがあり、この電流の電圧降下(すなわち電圧)によって、CTの2次側のフラッシュオーバー事故を引き起こしたり、電力ヒューズを含んでいる回路では熔断や劣化の可能性もあります。

充電電流の大きさ

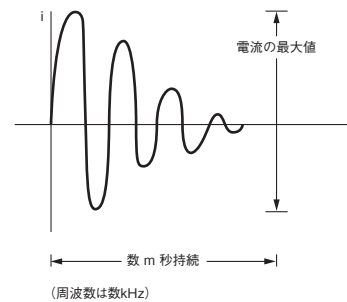
ある条件下での充電電流を参考としてあげます。

高圧コンデンサ充電電流

コンデンサ容量 (kVA)	定格電流 (A)	電線径 (想定)	時間経過後の電流値 (A)						6%リアクタンスを挿入	
			t=0の最大値	0.005s後	0.01s後	0.02s後	0.05s後	0.1s後	リアクタンス容量 (kVA)	t=0の最大値
10	0.9	2.6mm ²	149	1.3	0.9	0.9	0.9	0.9	—	—
20	1.7	2.6mm ²	249	2.3	1.7	1.7	1.7	1.7	—	—
50	4.4	2.6mm ²	336	5.2	4.4	4.4	4.4	4.4	3	5.9
75	6.6	3.2mm ²	428	12.5	6.7	6.6	6.6	6.6	4.5	8.9
100	8.7	4mm ²	503	38.2	10.5	8.7	8.7	8.7	6	11.7
200	17.5	22mm ²	736	146	40.3	18.2	17.5	17.5	12	23.6
500	43.7	50mm ²	1,226	544	256	82.0	43.9	43.7	30	58.9
750	65.6	80mm ²	1,548	929	564	233	72.0	65.6	40	88.3
1,000	87.5	100mm ²	1,819	1,383	1,057	636	105	92.9	60	118

注. 計算上での条件
 1. 電線自長は1km
 2. 周波数は60Hz
 3. 電圧は6,600V

上表は、コンデンサに線路定数を通して電圧の波高値が印加された時の過渡電流と、定常状態に流れている交流電流とを加算した最大値を示しています。過渡電流は、コンデンサ容量と線路定数で決まる固有周波数の高周波電流となり、右図のように、減衰波形となっています。



保護協調例

ある系統例において、変圧器の励磁突入電流の曲線を算出し、それによって、動作しないOCRの瞬時タップを求めてみます。

(1) まず、保護協調シートに形K2CAの動作時間特性曲線を描きます。限時整定が4Aですから、

$$4 \times \frac{50}{5} = 40A$$

が100%電流となります。

(2) 次に、変圧器励磁突入電流の表より、変圧器の容量ごとに計算された電流値をリストアップし、この場合2つの変圧器があるので、これらを加算します。

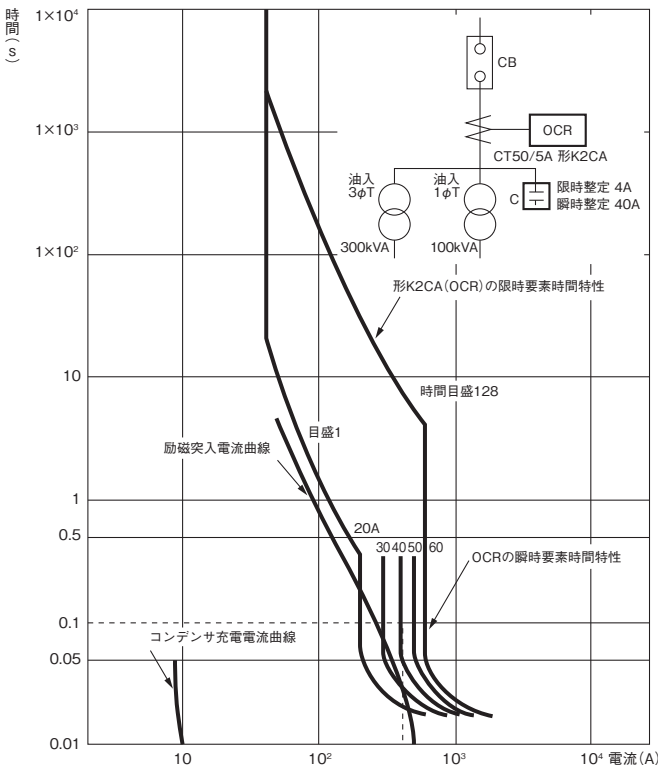
	0.01s	0.05s	0.1s	0.5s	1s	5s
3φT 300kVA	218A	146A	119A	57.9A	40.9A	26.2A
1φT 100kVA	272A	179A	140A	63.8A	46.8A	21.3A
合計	490A	325A	259A	121.7A	87.7A	47.5A

(3) 時間に対する電流値をシートにプロットし、曲線を引きます。

(4) この励磁突入電流曲線が、OCR瞬時要素時間特性と交叉しない瞬時要素タップを選び、この場合40A以上となります。

(5) 下の保護協調の例に定格電流の10倍、0.1秒の点を破線で示してみましたが、これによると、50A以上となります。

(6) コンデンサの充電電流も高圧コンデンサ充電電流の表よりプロットしてみました。この曲線は、電流値が小さく、励磁突入電流曲線と時間ごとに加算しても励磁突入電流曲線のみと大差がなく、OCRの動作の面からは、励磁突入電流だけを考えれば良いことがわかります。



CTの選択について

OCRを正しく使用するためには、事故電流を検出するCTについても、注意が必要です。OCR用CTは、事故時にOCRを正確に動作させ、誤動作・誤不動作が起きないようにしなければなりません。そのためには、定常状態の誤差はあまり問題ではなく、むしろCTの過電流領域の特性が問題となります。容量(VA)が不足しているCTに定格電流値以上の大きな電流が流れますと、CTは磁気飽和を起し、OCRに流れる電流がCT 1次電流に比例して増加しなくなり、その結果、瞬時要素動作値の誤差が増えます。また、CT 2次電流引きはずし方式では、OCRが動作してトリップコイルがCTの負担に加わりますと、CTの飽和はさらに高まり、電流実効値が減少して、OCRは動作しているのにトリップしないことも起こりえます。このため、CTの容量や過電流定数の選定についての検討が必要です。

CTの容量を決定する一応の目安として、

$$\text{CTの容量} \geq \left(\frac{\text{瞬時要素の整定値}}{5} \right)^2 \times \frac{\text{OCRの消費VA}}{(\text{CTの過電流定数})^2} \text{ [VA]}$$

という式を参考にしてください。

また、CT 2次電流引きはずし方式のOCRでは、CT容量が過大であったり、2次負担が極端に少ないと、大きな事故電流をOCRのトリップ接点が開放することになり、接点の損傷を招くことがあります。(形K2CAの項参照)

参考資料

受配電盤およびその周辺に関する諸規格、法令、民間規定等についてその内容を略述し、設計上特に関係の深い個別規格を列記しました。

国内規定

規格名	内容	主務団体
JIS (日本工業規格)	鉱工業製品についての国家規格。 その内容は工業標準化法によって明確に規格化されており、鉱工業製品の広範囲な規定がなされている。 内訳は土木建築、機械、電気等17部に分かれているが、盤用機器関係では部門Cの電気が特に関係が深い。	日本工業標準調査会 (経済産業省)
JEC (電気学会 電気規格調査会 標準規格)	学会を構成する有職者、ユーザ、メーカーの3者で構成される特別委員会にて個々の規格が審議され、電気関係の標準化、規格化を行っている。 盤用機器関係では電力用保護継電器、計器用変成器等機器単体の対象規格が多い。	電気学会規格調査会
B 401 電力用規格	電力会社において使用する保護継電器および保護継電装置のうち、汎用性の高いものについて標準を定め、信頼性の向上と価格の低減をはかることを目的としている。 JIS、JECなどの公的諸規格に準拠している。	全国各電力会社 電源開発会社
JEM (日本電機工業会規格)	日本の主な電気機械メーカーの団体規格で、継電器委員会、制御装置委員会等専門委員会にて標準化が進められており、盤関係に関連した規格が多い。なお、JECとは緊密な関係にあって、JEMからJECに吸収される形で規格化されるケースもある。	日本電機工業会各委員会
JCS	各技術専門委員会のもとに、ケーブル、絶縁電線、裸線等の電線および、その関係技術の標準化が行われている。JCS既発行規格の多くがJIS化されている。	日本電線工業会
NECA	日本の主な制御機器メーカーの団体規格で、制御機器の一般的規格および、電磁継電器、モータ、タイマ、スイッチ等盤用として広く使用されている機器を標準化している。	日本電気制御機器工業会
NK	運輸省船舶局の行政指導のもとに設立された財団法人で船舶の検査、船用材料、部品の検査などを行っている。	日本海事協会

関連国内規格の詳細

規格・番号	名称	規格・番号	名称
JIS C 0301 JIS C 0303 JIS C 0704 JIS C 0911 JIS C 0912	●一般 電気用図記号 屋内配線用図記号 制御機器の絶縁距離・絶縁抵抗および耐電圧 小形電気機器の振動試験方法 小形電気機器の衝撃試験方法	JIS F 0807	船舶 ●一般 船用自動化機器環境検査通則
JIS C 1102 JIS C 1103 JIS C 1731 JIS C 1736	●測定および試験用機械器具 指示電気計器 配電盤用指示電気計器寸法 計器用変成器（標準用および一般計器用） 計器用変成器（電力需用用）	JIS F 8006 JIS F 8007	●電気機器 船用電気器具の振動検査通則 船用電気器具の外被の保護形式および検査通則
JIS C 3306 JIS C 3307 JIS C 3340 JIS C 3341 JIS C 3606 JIS C 3851	●電線・ケーブルおよび電路用器 ビニルコード 600Vビニル絶縁電線（IV） 屋内用ビニル絶縁電線（OV） 引込用ビニル絶縁電線（DV） 高圧架橋ポリエチレンケーブル 屋内用エポキシ樹脂ガイシ	JEC-135 JEC-147 JEC-158 JEC-160 JEC-168 JEC-170 JEC-172 JEC-174A JEC-174B JEC-174C JEC-175 JEC-181 JEC-187 JEC-1201 JEC-2500	二種綿絶縁電線・600Vゴム絶縁電線および600V 電気機器絶縁の種類 標準電圧 気中しゃ断器 変圧器 交流電圧絶縁試験一般 衝撃電圧電流測定法 過電流継電器 電圧継電器 高抵抗接地系用地絡方向継電器 電力ヒューズ 交流しゃ断器 インパルス電圧電流試験一般 計器用変成器（保護継電器用） 電力用保護継電器
JIS C 4003 JIS C 4304 JIS C 4601 JIS C 4602 JIS C 4603 JIS C 4604 JIS C 4605 JIS C 4606 JIS C 4607 JIS C 4620 JIS C 4902	●電気機械器具 電気機器絶縁の種類 配電用6kV油入変圧器 高圧地絡継電装置 高圧受電用過電流継電器 高圧交流しゃ断器 高圧限流ヒューズ 高圧交流負荷開閉器 屋内用高圧断路器 引外し形高圧交流負荷開閉器 キュービクル式高圧受電設備 高圧および特別高圧進相コンデンサ	JEM 1030 JEM 1093 JEM 1103 JEM 1115 JEM 1121 JEM 1122 JEM 1132 JEM 1135 JEM 1153 JEM 1167 JEM 1169 JEM 1219 JEM 1254 JEM 1265 JEM 1266 JEM 1267 JEM 1268 JEM 1288 JEM 1321 JEM 1323	制御機器の保護構造の種類 交流変電所用制御機器器具番号 制御機器の絶縁距離 配電盤・制御盤・制御装置の用語および文字記号 配電盤・制御盤の外観構造による分類 配電盤・制御盤の盤内低圧配線用電線 配電盤・制御盤の配線方式 配電盤・制御盤およびその取付器具の色 閉鎖配電盤 高圧交流電磁接触器 配電盤・制御盤盤面器具の取付寸法 交流負荷開閉器通則 配電盤・制御盤の定格 低圧閉鎖配電盤 配電盤・制御盤の使用状態 配電盤・制御盤の保護構造の種類 配電盤・制御盤の図面の種類 船用交流配電盤 配電盤・制御盤の試験 配電盤・制御盤の接地
JIS C 8303 JIS C 8306 JIS C 8325 JIS C 8370 JIS C 8371	●配線器具 配線用差込接続器 配線器具の試験方法 交流電磁開閉器 配線用しゃ断器 漏電しゃ断器		

規格・番号	名称
JEM 1334	配電盤・制御盤の絶縁距離
JEM 1336	高圧配電線用地絡方向継電器
JEM 1355	三相誘導電動機用保護継電器通則
JEM 1356	三相誘導電動機用熱動形保護継電器
JEM 1357	三相誘導電動機用誘導形および静止形保護継電器
JEM 1362	サージ吸収用および接地用コンデンサ
JEM 1394	高圧受電用地絡方向継電器
NECA 0401	制御機器の標準状態
NECA 0403	制御機器の絶縁距離
NECA 1101	ヒンジ形電磁継電器
NECA 1301	モータタイマ
NECA 1401	電磁カウンタ
NECA 2001	制御用操作スイッチ試験方法
NECA 2002	制御用操作スイッチ接触信頼性試験
NECA 2101	押ボタンスイッチ
NECA 2201	カムスイッチ
NECA 4201	端子台
NECA 4520	制御用スイッチ通則
NECA 4521	制御用ボタンスイッチ
NECA 4522	制御用カムスイッチ

国外規格

規格名	内容	国・地域
IEC (International Electrical Committee)	形式的にはISOの電気関係を扱う専門部会であるが、実質的には完全な独立機関である。活動分野は電気関係のあらゆる部門の標準化におよんでいる。	世界 (国際電気標準会議)
USAS (USA Standard)	アメリカ合衆国規格協会 (USA SI) が統一的国家規格の承認の拡大、消費者の利益保護、国家標準化事業への積極的な参加、達成を目的として行っている。JISと同様17の部門別規格部会に分かれている。電気関係規格はC分類になっている。	米国
MIL (Military Specification)	米国国防省における物品の調達に関する仕様書、技術的方法、記号、設計上の特性に関する規格。我国でもスイッチ、リレー、端子台等、本規格の準拠品は少なくない。	米国
UL (Underwriters Laboratories)	保険業者研究所の行った研究、検査の結果が規格化されたもので、我国でも絶縁材質の規格標準として重視されている。	米国 (保険業者研究所の規格)
BS (British Standard)	国家規格に準ずる規格で、政府援助を受けている。イギリス規格協会が制定している。	英国 (イギリス規格協会)
DIN (Deutsches Institut für Normung)	生産部門、医学部門、商業部門、建築、美術、スポーツにおよぶ広範囲の国家規格。我国でも制御機器で、これに準拠するものがある。	ドイツ (国家規格)
VDE (Verband Deutscher Electrotechniker)	保護継電器に関する規格があり、電力用保護継電器規格はその主力となっている。	ドイツ (ドイツ電気技術者連合)
LR (船舶用口イド規格)	船舶の電気設備全般について規程した外国規格で、Sec6.の配電盤、開閉装置、保護装置は特に関係深い。	英国

法令

基本法	法令	内容	主管、関係省庁
電気事業法	電気設備に関する技術基準	電気事業法でいう電気施設の保安に関するものとして定められている。規定内容は広く電気事業全般にわたっているが、盤関係では、電線、接地、過電流や地絡のための機械器具の施設等の規定がある。	日本電気協会 消費経済部 (経済産業省)
	電気用品安全法	電気用品の製造、輸入、販売等を規制するとともに、電気用品の安全性の確保につき民間事業者の自主的な活動を促進することにより、電気用品による危険および障害の発生を防止することを目的としている。その対象は、特定電気用品112品目、特定以外の電気用品340品目で定められている。	日本電気協会 消費経済部 (経済産業省)
—	労働安全衛生規則	労働に従事する人々のための環境上の安全および衛生上の規則を定めたもので、移動式、可搬式の機械器具の感電防止の義務付け等、種々の安全衛生対策を規定している。	労働者産業安全研究所 (厚生労働省)
消防法	漏電火災警報器に係る技術上の規格を定める省令	消防用器具の一つとして漏電火災警報器を規定しており、この省令で技術基準を規定している。	日本消防検定協会 消防庁 (総務省)

注. その他の電気関連法令として道路法、鉄道営業法、地方鉄道法、軌道法、有線電気通信法などがある。

民間規定および民間指針

民間規定、民間指針	内容	主管、関係省庁
内線規程	「電気設備に関する技術基準」の補完的な規程で、法の抽象的表現を具体的にしている。 ・技術革新に即応した、保安上適切な規程（本改正までの暫定例外基準として省庁が認可できる） ・法規定外の補完、補完項目 などからなり、工事、運転、保守、検査の参考になる。	日本電気協会 消費経済部 (経済産業省)
電気設備工事共通仕様書	建設省関係の電気工事の仕様書の規定であり、電力設備工事、受変電設備工事、自家発電設備工事、通信設備工事の各項で使用材料、施工について規定している。	営繕協会 建設大臣官房庁営繕部 (建設省)
高圧受電設備指針	経済産業省の要請を受けて設立された右記委員会が、高圧需要家受電設備の指針となるべき標準的な施設基準、機器材料の選定、保護協調のあり方、ならびに点検基準などを確立し同設備に関する電気事故およびそれに起因する波及事故を防止するために、実態調査の上になつて打出された指針。	高圧需要家受電設備研究委員会（日本電気協会） (国土交通省)

注. その他、電力会社の社内規定等がある。

消防法施行令別表第一（設置義務対象物）

項	防火対象物（建築物）（注1）	延べ面積	契約電流容量
(1)	イ 劇場・映画館・演芸場または観覧場	300m ² 以上	50アンペアをこえるもの
	ロ 公会堂または集会場 *		
(2)	イ キャバレー・カフェ・ナイトクラブ・その他これらに類するもの *	300m ² 以上	
	ロ 遊技場またはダンスホール *		
(3)	イ 待合・料理店その他これらに類するもの *	300m ² 以上	
	ロ 飲食店 *		
(4)	百貨店またはマーケットその他物品販売業を営む店舗または展示場 *	300m ² 以上	
(5)	イ 旅館・ホテルまたは宿泊所 *	150m ² 以上	
	ロ 寄宿舎・下宿または共同住宅		
(6)	イ 病院・診療所または助産所 *	300m ² 以上	
	ロ 老人福祉施設・有料老人ホーム・救護施設・更生施設・児童福祉施設（母子寮および児童厚生施設を除く）・身体障害者更生援護施設（身体障害者を収容するものに限る）または精神薄弱者援護施設 *		
	ハ 幼稚園・盲学校・聾学校または養護学校 *		
(7)	小学校・中学校・高等学校・高等専門学校・大学・各種学校その他これらに類するもの	500m ² 以上	
(8)	イ 図書館・博物館または美術館その他これらに類するもの	500m ² 以上	
	イ 蒸気浴場・熱気浴場その他これらに類するもの *		
(9)	ロ イに掲げる以外の公衆浴場	150m ² 以上	
(10)	車輛の停車場・船舶または航空機の発着場（旅客の乗降または待合用に供する建築物に限る）	500m ² 以上	
(11)	神社・寺院・教会その他これらに類するもの	500m ² 以上	
(12)	イ 工場または作業場	300m ² 以上	
	ロ 映画スタジオまたはテレビスタジオ		
(14)	倉庫	1,000m ² 以上	
(15)	前各項に該当しない事業場	1,000m ² 以上	
(16)	イ 特定防火対象物の存する複合用途防火対象物 *	延べ面積が500m ² 以上で特定防火対象物の用途に供する部分の床面積の合計が300m ² 以上のもの	50アンペアをこえるもの
	ロ イ以外の複合用途の防火対象物		
(16)-2	地下街 *	300m ² 以上	
(17)	文化財保護法の規定によって重要文化財、重要民俗資料史跡若しくは重要な文化財として指定されたまたは旧重要美術品等の保存に関する法律の規定によって重要美術品として認定された建築物	全部	

注1. 間柱または下地を、不燃材料および準不燃材料以外の材料で造った鉄鋼入りの壁
根太または下地を、不燃材料および準不燃材料以外の材料で造った鉄鋼入りの床
天井の縁または下地を、不燃材料および準不燃材料以外の材料で造った鉄鋼入りの天井 }を有する建物

2. 特定防火対象物とは上表の中*印のものをいう。

3. 施行令第22条第1項第6号に該当しない(16) 項イ対象物は施行令第9条の適用により用途毎に規制する。
(例) 1. 特定防火対象物の床面積が300m²未満で全体の延べ面積が500m²以上のもの用途毎に規制。
2. 特定防火対象物の床面積が300m²以上で全体の延べ面積が500m²未満のもの用途毎に規制。

4. *印のもので延面積300m²以上のものは消防機関に届出検査を受けること。

5. *印のもので延面積が1,000m²以上のものは乙7消防設備士又は有資格者により定期点検をすること。

6. *印のもので延面積が上記であり、消防長、消防署長が指定するものは注4・5それぞれに義務がある。

交流変電所用制御器具番号 JEM 1093 (抜粋)

電力系統やシーケンス回路を構成するとき、シーケンスに使用される保護継電器を器具番号を用いて表現する機会が多い。下記に日本電機工業会で定められている規格を記す。

基本器具番号	器具番号	器具名称
1	1	主幹制御器またはスイッチ
2	2	始動もしくは閉路限時継電器または始動もしくは閉路遅延継電器
	3	操作スイッチ
3	3-28	操作スイッチ (警報停止用)
	3-28B	操作スイッチ (ベル継電器復帰用)
	3-28Z	操作スイッチ (ブザー継電器復帰用)
	3-29	操作スイッチ (消火装置用)
	3-30	操作スイッチ (表示器復帰用)
	3-30L	操作スイッチ (ランプ表示器復帰用)
	3-42	操作スイッチ (運転しゃ断器用)
	3-52	操作スイッチ (交流しゃ断器用)
	3-66F	操作スイッチ (フリッカ継電器復帰用)
	3-85T	操作スイッチ (搬送装置点検用)
	3-86	操作スイッチ (ロックアウト継電器復帰用)
	3-88	操作スイッチ (補機用接触器用)
	3-89	操作スイッチ (断路器用)
	3-92	操作スイッチ (とびら用)
3M	操作スイッチ (計器復帰用)	
3R	操作スイッチ (一般の復帰用)	
4	—	主制御回路制御器または継電器
	4	主制御回路用継電器
5	5	停止スイッチまたは継電器
	5E	非常停止スイッチ
6	—	始動しゃ断器、スイッチ、接触器または継電器
	6	始動しゃ断器
	6-99	ロケータ始動用補助継電器
7	—	調整スイッチ
	7-24LR	調整スイッチ (負荷時電圧調整器用)
	7-24PC	調整スイッチ (消弧リアクトルタップ用)
	7-90R	調整スイッチ (自動電圧調整器の電圧設定用)
	7-IR	調整スイッチ (誘導電圧調整器用)
8	8	制御電源スイッチ
	8A	制御電源スイッチ (交流用)
	8C	制御電源スイッチ (共通用)
	8D	制御電源スイッチ (直流用)
	8R	制御電源スイッチ (継電器用)
9	9	界磁転極スイッチ、接触器または継電器
10	10	順序スイッチまたはプログラム制御器
	10P	プログラム制御器
11	11	試験スイッチまたは継電器
	11-52	試験スイッチ (しゃ断器用)
	11L	試験スイッチ (ランプ点検用)
12	12	過速度スイッチまたは継電器
13	13	同期速度スイッチまたは継電器
14	14	低速度スイッチまたは継電器
15	15	速度調整装置

基本器具番号	器具番号	器具名称
16	16	表示線監視継電器
	16B	表示線断線検出用継電器
	16BG	表示線断線検出用継電器 (地絡用表示線)
	16BS	表示線断線検出用継電器 (短絡用表示線)
	16G	表示線地絡検出用継電器
	16GG	表示線地絡検出用継電器 (地絡用表示線)
	16GS	表示線地絡検出用継電器 (短絡用表示線)
	16S	表示線短絡検出用継電器
	16SG	表示線短絡検出用継電器 (地絡用表示線)
	16SS	表示線短絡検出用継電器 (短絡用表示線)
17	17	表示線継電器
	17G	表示線継電器 (地絡用)
	17S	表示線継電器 (短絡用)
	17SG	表示線継電器 (短絡地絡共用)
18	18	加速もしくは減速接触器または過速もしくは減速継電器
19	19	始動-運転切り換え接触器または継電器
20	20	補機弁
21	21	主機弁
22	22	漏電しゃ断器、接触器または継電器
23	23	温度調整装置または継電器
24	24	タップ切り換え装置
24	24LR	タップ切り換え装置 (負荷時電圧調整器用)
	24PC	タップ切り換え装置 (消弧リアクトル用)
25	25	同期検出装置
26	—	静止器温度スイッチまたは継電器
	26D	ダイヤル温度計
	26LR	温度継電器 (負荷時電圧調整器用)
	26PC	温度継電器 (消弧リアクトル用)
	26R	温度継電器 (分路リアクトル用)
	26T	温度継電器 (変圧器用)
27	27	交流不足電圧継電器
	27H	交流不足電圧継電器 (所内用)
	27H	交流不足電圧継電器 (高整定)
	27L	交流不足電圧継電器 (低整定)
	27Φ	交流不足電圧継電器 (事故相用)
28	28	警報装置
	28B	ベル継電器
	28CH	チャイム継電器
	28F	火災検出器
	28LA	避雷器動作検出器
	28Z	ブザー継電器
29	29	消火装置
30	—	機器の状態または故障表示装置
	30	表示器
	30F	故障表示器 (機械式)
	30L	故障表示器 (ランプ式)
	30S	状態表示器

基本器具番号	器具番号	器具名称
31	31	界磁変更しゃ断器、スイッチ、接触器または継電器
32	32	直流逆流継電器
33	33	位置検出スイッチまたは装置
	33CO ₂	CO ₂ 消火装置の台秤用レベルスイッチ
	33Q	油面検出装置
	33S	タップずれ検出装置
	33W	水位検出スイッチまたは装置
34	34	電動順序制御器
35	35	ブラシ操作装置またはスリップリング短絡装置
36	36	極性継電器
37	37	不足電流継電器
	37A	交流不足電流継電器
	37B	配線用しゃ断器自動しゃ断検出器
	37D	直流不足電流継電器
	37F	ヒューズ断検出器
38	38	軸受温度スイッチまたは継電器
39	39	機械的異常監視装置または検出スイッチ
40	40	界磁電流継電器または界磁喪失継電器
41	41	界磁しゃ断器、スイッチまたは接触器
42	42	運転しゃ断器、スイッチまたは接触器
	42C	42用投入コイル
	42T	42用引外しコイル
43	—	制御回路切換スイッチ、接触器または継電器
	43	制御回路切換スイッチ
	43-17	切換スイッチ (表示線継電装置用)
	43-25	切換スイッチ (同期検出回路用)
	43-50	切換スイッチ (短絡選択・地絡選択保護用)
	43-55	切換スイッチ (自動力率調整器用)
	43-79	切換スイッチ (再閉路または自動復旧用)
	43-87B	切換スイッチ (母線保護用)
	43-90	切換スイッチ (自動電圧調整器用)
	43-95	切換スイッチ (周波数継電器用)
	43A	切換スイッチ (自動-手動用)
	43C	切換スイッチ (搬送装置用)
	43H	切換スイッチ (ヒータの強弱用)
	43L	切換スイッチ (一般ロック用)
	43M	切換スイッチ (基準-従属用)
	43N	切換スイッチ (接地方式用)
	43P	切換スイッチ (電圧変成器用)
	43PC	切換スイッチ (消弧リアクトル用)
	43Q	切換スイッチ (油圧ポンプ用)
	43R	切換スイッチ (遠方-直接用)
	43SP	切換スイッチ (単独-並列用)
	43TL	切換スイッチ (引外しロック用)

基本器具番号	器具番号	器具名称
44	44	距離継電器
	44G	地絡距離継電器
	44GI	地絡距離継電器 (内部方向用)
	44GO	地絡距離継電器 (外部方向用)
	44GT	地絡距離継電器用限時継電器
	44OM	短絡距離継電器 (脱調用)
	44S	短絡距離継電器
	44SI	短絡距離継電器 (内部方向用)
	44SO	短絡距離継電器 (外部方向用)
	44ST	短絡距離継電器用限時継電器
	45	45
46	46	逆相または相不平衡電流継電器
47	47	欠相または逆相電圧継電器
	47A	欠相または逆相電圧継電器 (空気圧縮機用)
	47F	欠相または逆相電圧継電器 (変圧器冷却ファン用)
	47H	欠相または逆相電圧継電器 (所内用)
	47Q	欠相または逆相電圧継電器 (圧油ポンプ用)
	47T	しゃ断器欠相保護用限時継電器
	48	48
	48-24	渋滞検出継電器 (タップ切換装置用)
49	—	回転機温度スイッチもしくは継電器または過負荷継電器
	49A	温度継電器または過負荷継電器 (風洞または空気冷却器用)
	49Q	温度継電器または過負荷継電器 (圧油ポンプ用)
	49R	温度継電器または過負荷継電器 (回転子用)
50	—	短絡選択継電器または地絡選択継電器
	50G	地絡選択継電器
	50S	短絡選択継電器
	50SA	50S用過電流継電器
	50TL	直列引外し防止用継電器
	—	交流過電流継電器または地絡過電流継電器
51	51	交流過電流継電器
	51G	地絡過電流継電器
	51H	交流過電流継電器 (所内用)
	51H	交流過電流継電器 (高整定)
	51K	交流過電流継電器 (主変圧器三次用)
	51L	交流過電流継電器 (低整定)
	51M	交流過電流継電器 (電動機用)
	51N	交流過電流継電器 (中性点用)
	51P	交流過電流継電器 (主変圧器一次用)
	51Q	交流過電流継電器 (圧油ポンプ用)
	51S	交流過電流継電器 (主変圧器二次用)
51V	電圧抑制付交流過電流継電器	

基本器具番号	器具番号	器具名称
52	—	交流しゃ断器または接触器
	52	交流しゃ断器
	52C	52用投入コイル
	52H	交流しゃ断器 (所内用)
	52K	交流しゃ断器 (主変圧器三次用)
	52N	交流しゃ断器 (中性点用)
	52NR	交流しゃ断器 (中性点抵抗器用)
	52PC	交流しゃ断器 (消弧リアクトル用)
	52P	交流しゃ断器 (主変圧器一次用)
	52S	交流しゃ断器 (主変圧器二次用)
	52T	52用引外しコイル
	53	53
54	54	高速度しゃ断器
55	55	自動力率調整器または力率継電器
56	56	すべり検出器または脱調継電器
57	—	自動電流調整器または電流継電器
	57P	潮流検出継電器 (注) 電流継電器で潮流を検出する場合。
58	58	(予備番号)
59	59	交流過電圧継電器
	59H	交流過電圧継電器 (高整定)
	59L	交流過電圧継電器 (低整定)
60	—	自動電圧平衡調整器または電圧平衡継電器
	60	電圧平衡継電器
	60C	電圧平衡継電器 (コンデンサ故障検出用)
	60P	電圧平衡継電器 (電圧変成器故障検出用)
61	—	自動電流平衡調整器または電流平衡継電器
	61C	電流平衡継電器 (コンデンサ故障検出用)
62	62	停止もしくは閉路限時継電器または停止もしくは閉路遅延継電器
63	63	圧力スイッチまたは継電器
	63A	空気圧スイッチまたは継電器
	63G	ガス圧スイッチまたは継電器
	63N	窒素圧スイッチまたは継電器
	63Q	油圧スイッチまたは継電器
	63V	真空スイッチまたは継電器
	63W	水圧スイッチまたは継電器
64	64	地絡過電圧継電器
	64D	直流制御回路地絡継電器
	64H	地絡過電圧継電器 (所内用)
	64H	地絡過電圧継電器 (高整定)
	64L	地絡過電圧継電器 (低整定)
	64N	地絡過電圧継電器 (中性点用)
	64Φ	地絡相判別継電器
65	65	調速装置
66	—	断続継電器
	66	ノッチング継電器
	66F	フリッカ継電器

基本器具番号	器具番号	器具名称
67	67	交流電力方向継電器または地絡方向継電器
	67G	地絡方向継電器
	67GA	67G用地絡過電流継電器
	67GI	地絡方向継電器 (内部方向用)
	67GO	地絡方向継電器 (外部方向用)
	67S	短絡方向継電器
	67SA	67S用過電流継電器
	67SI	短絡方向継電器 (内部方向用)
	67SO	短絡方向継電器 (外部方向用)
	68	68
69	—	流量スイッチまたは継電器
	69Q	油流スイッチまたは継電器
	69W	水流スイッチまたは継電器
70	70	加減抵抗器
71	71	整流素子故障検出装置
72	72	直流しゃ断器または接触器
73	73	短絡用しゃ断器または接触器
74	74	調整弁
75	75	制動装置
76	76	直流過電流継電器
77	77	負荷調整装置
78	—	搬送保護位相比較継電器
	78	位相比較継電器
	78N	位相比較継電器 (負波用)
	78P	位相比較継電器 (正波用)
79	79	交流再閉路継電器
	79T	再閉路用限時継電器
80	80	直流不足電圧継電器
81	81	調速機駆動装置
82	82	直流再閉路継電器
83	83	選択スイッチ、接触器または継電器
84	84	電圧継電器
85	—	信号継電器
	85R	受信継電器
	85RC	受信継電器 (搬送保護用)
	85RP	受信継電器 (表示線用)
	85S	送信継電器
	85SC	送信継電器 (搬送保護用)
85SP	送信継電器 (表示線用)	
86	86	ロックアウト継電器
87	87	差動継電器
	87B	差動継電器 (母線保護用)
	87G	差動継電器 (内部地絡用)
	87HT	差動継電器 (所内変圧器用)
	87T	差動継電器 (主変圧器用)

基本器具番号	器具番号	器具名称
88	88	補機用しゃ断器、スイッチ、接触器または継電器
	88A	補機用接触器 (空気圧縮機用)
	88F	補機用接触器 (ファン用)
	88H	補機用接触器 (ヒータ用)
	88Q	補機用接触器 (圧油ポンプ用)
	88V	補機用接触器 (真空ポンプ用)
	88W	補機用接触器 (冷却水ポンプ用)
89	89	断路器または負荷開閉器
	89C	89用投入コイル
	89-IL	89用インターロックマグネット
	89T	89用引外しコイル
90	90	自動電圧調整器または自動電圧調整継電器
	90CA	90用電流補償装置
	90R	90用電圧設定器
	90RM	90R操作用電動機
91	—	自動電力調整器または電力継電器
	91P	電力継電器
	91Q	無効電力継電器
92	92	扉またはダンパ
93	93	(予備番号)
94	94	引外し自由接触器または継電器
95	95	自動周波数調整器または周波数継電器
96	—	静止器内部故障検出装置
	96	ブッフホルツ継電器
	96-1	ブッフホルツ継電器 (警報用)
	96-2	ブッフホルツ継電器 (引外し用)
	96P	衝撃圧力継電器
	96V	放圧弁
97	97	ランナ
98	98	連結装置
99	99	自動記録装置
	99F	自動故障記録装置
	99S	自動動作記録装置

センサ

スイッチ

セリフティ

リレー

コントロール

FAシステム機器

モーション/ドライブ

省エネ支援 環境対策機器

電源/周辺機器

その他

共通事項

自動制御器具番号 (JEM 1090)

補助符号として器具の種類、性質、用途などを示す必要のあるときは下記の補助符号が付けられます。

符号	内容	例	
A	交流	8A 交流制御電源開閉器	
	自動	43A 自動・手動切換開閉器	
	陽極	54A 陽極用直流高速度しゃ断器	
	空気	63A 気圧継電器	
	アクチエータ	63QA 油圧継電器 (アクチエータ用)	
	増幅	88AGM 増幅発電機駆動電動機用接触器	
	電流	90CA 自動電圧調整器用電流補償装置	
	補助		
B	断線	16B 表示線断線検出用継電器	
	側路	21B 側路弁	
	平衡	21BV 球形弁のバランスバルブ	
	ベル	28B ベル継電器	
	ベルト	33B ベルト切断開閉器	
	電池	72B 蓄電池充電装置用直流しゃ断器	
	母線	87B 母線保護差動継電器	
	制動	88AB 制動用空気圧縮機用接触器	
	軸受	88GB 軸受グリースポンプ用接触器	
	補助		
	共通	8C 共通制御電源開閉器	
冷却	26C 冷却器用温度継電器		
搬送	43C 搬送装置切換開閉器		
調和機	43GC 発電機の調相機運転用切換開閉器		
C	投入コイル	52C しゃ断器投入コイル	
	クラッチ	62C 停止時延継電器のクラッチコイル	
	補償器	90CA 自動電圧調整器用電流補償装置	
	操作	63AC 気圧継電器 (開閉装置操作)	
	制御	27C 制御電源用不足電圧継電器	
	閉		
	コンデンサ		
	補助		
	CH	充電	43CH 線路充電切換開閉器
	CO ₂	炭素ガス	33CO ₂ CO ₂ 消化装置の台秤用位置開閉器
D	直流	8D 直流制御電源開閉器	
	放出	21DV 放水弁	
	ダイヤル	26TD 変圧器用ダイヤル温度計	
	差動	41D 差動界磁開閉器	
	調定率 (垂下率)	65SD 電気調速機用調定率調整装置	
D	劣化	71D 整流素子劣化検出装置	
	デフレクタ (ベルト水車の)	74D デフレクタ	
	吸出管	88WD 吸出管排水ポンプ用接触器	
DP	ダンピング	65DP 電気調速機のダンピング調整装置	
E	非常	5E 非常開閉器	
	励磁	45E 励磁機過電圧継電器	
	励弧	88E 点励弧用接触器	

符号	内容	例
F	フロート	1F 揚水ポンプ起動用フロートスイッチ
	火災	28F 火災検出器
	故障	30F 故障表示器
	ヒューズ	37F ヒューズ断検出器
	周波数	43F 周波数制御回路用切換開閉器
	ファン	47F 変圧器冷却ファン用逆相電圧断電器
	ファイダ	54F き電線用直流高速度しゃ断器
	フリッカ	66F フリッカ断電器
	故障点標定器	
	FL	フィルタ
G	グリース	33G グリースタンク液面検出装置
	重力	33QG 重力油槽液面検出装置
	地絡	44G 地絡距離継電器
	案内羽根	65GR 電器調速機の案内羽根開度調整装置
	格子	88G 格子用接触器
	ガス	88WG ガス冷却水ポンプ用接触器
	発電機	88LG 低電圧発電機駆動電動機用接触器
	高	51H 交流過電流継電器 (高整定)
	所内	52H 所内用交流しゃ断器
	保持	54H 直流高速度しゃ断器用保持コイル
H	電熱	88H 電熱器用接触器
	高周波	88HG 高周波発電機用接触器
I	内部	67GI 地絡内部方向継電器
	点弧	88-I 点弧用接触器
IL	インターロック	89-IL 断路器インターロックマグネット
IR	誘導電圧調整器	7-IR 誘導電圧調整器用調整開閉器
J	結合	65JP 結合運転負荷調整装置
	ジェット	75J ジェットブレーキ装置
K	陰極	37HK 陰極加熱器用不足電流継電器
	三次側	52K 主変圧器三次用交流しゃ断器
	ケーシング	88WK 水車ケーシング排水弁用接触器
L	ランプ	11L ランプ点検用開閉器
	漏れ	33QL 漏油槽液面検出装置
	下げ	35L ブラシ降下用接触器
	鎖錠	43L 一般ロック用切換開閉器
	低	51L 交流過電流継電器 (低整定)
	線路	
	負荷	
LA	避雷器	28LA 避雷器動作検出器
Ld	進み	
Lg	遅れ	
LR	負荷時電圧調整器	24LR 負荷時電圧調整器用タップ切換機構
M	計器	3M 計器復帰用操作開閉器
	マイクロ波	
	主	43M 基準従属切換開閉器
	モー	44S-M1 44Sの第1段用モー素子
	動力	47M 動力電源用逆相電圧継電器
	電動機	90RM 90R操作電動機

符号	内容	例	
N	ノズル	43N	ノズル切換開閉器
	窒素	63N	窒素圧力継電器
	中性	64N	中性点地絡過電圧継電器
	負極	89N	負極側断路器
NL	無負荷	88NLR	無負荷時電圧制限抵抗用接触器
O	オーム素子	44S-O	短絡距離継電器オーム端子
	外部	67GO	地絡外部方向継電器
	開		
P	プログラム	10P	プログラム調整器
	電圧変成器	43P	電圧変成器切換開閉器
	ポンプ	43GP	発電、揚水ポンプ切換開閉器
	一次	51P	主変圧器一次用交流過電圧継電器
	正極	89P	正極側断路器
	電力	91P	電力継電器
	圧力	96P	瞬時圧力継電器
	位置		
PC	消弧リアクトル	43PC	消弧リアクトル切換開閉器
P (w)	パイロット線	85RO	表示線用受電継電器
Q	油	63Q	油圧継電器
	無効電力	91Q	無効電力継電器
R	復帰	3R	一般復帰用操作開閉器
	上げ	35R	ブラシ上昇用接触器
	調整	41R	調整界磁開閉器
	遠方	43R	遠方、直接切換開閉器
	受電	52R	受電用交流しゃ断器
	回転子	63QR	回転子押し油圧継電器
	リアクトル	69WR	電圧調整リアクトル冷却水水流継電器
	受信	85R	受信継電器
	室内	88HR	室内電熱器用接触器
	抵抗	52NR	中性点抵抗器用交流しゃ断器
	逆		
R (RY)	再冷器	88WR	再冷器冷却ポンプ用接触器
	継電器	8R	継電器電源開閉器
S	ストレーナ	2S	自動ストレーナ動作開始時刻設定用タイマ
	ソレノイド	21S	水車入口弁用ソレノイド
	集油槽	26S	集油槽用温度継電器
	動作	30S	動作表示器
	同期	33S	タップずれ検出装置
	短絡	44S	短絡距離継電器
	二次	51S	主変圧器二次用交流過電流継電器
	同期機	56S	同期機同期はずれ検出継電器
	速度	65SD	電気调速機用調定率調整装置
	副	70S	副励磁機用界磁調整器
	送信	85S	送信継電器
SP	固定子		
	単独、並列	43SP	単独、並列切換開閉器
SU	起動素子	44S-SU	短絡距離継電器起動素子

符号	内容	例	
T	変圧器	26T	変圧器温度継電器
	放水路	33T	放水路用液面検出器
	温度	43T	温度（自動、手動）切換開閉器
	限時	44ST	短絡距離継電器用限時継電器
	引外し	52T	しゃ断引外しコイル
	タービン		
	転送		
U	使用	43U	休止端選択切換開閉器
V	電子管	37V	電子管のフィラメント断線継電器
	電圧	51V	電圧抑制付交流過電流継電器
	真空	88V	回転真空ポンプ用接触器
	弁	88QV	入口弁圧油ポンプ用接触器
W	水	88WC	冷却水ポンプ用接触器
	井戸	88WW	井戸水ポンプ用接触器
X	補助		
Y	補助		
Z	ブザー	28Z	ブザー継電器
	インピーダンス		
	補助		
Φ	相	64Φ	地絡相判別継電器

・他に関連器具番号として下記の規格があります。

関連規格： IEC 50 (05)	Fundamental definitions.
IEC 277	Definitions for switchgear and controlgear.
ANSI C37.2	Manual and automatic station control, supervisory, and associated telemetering equipments. 2-9 Device functions.
BS 3939	Graphical symbols for electrical power, telecommunications and electronics diagrams.
JIS C0401	シーケンス制御記号
JEM 1091	水力発電所用制御器具番号
JEM 1092	整流器変電所用制御器具番号
JEM 1094	火力発電所用制御器具番号

変圧器の励磁突入電流

変圧器が無励磁の状態を受電端のしゃ断器を投入すると、変圧器には逆起電力が発生していませんので、鉄芯の磁束は一時的に飽和してしまいます。この時リアクタンス分が零となり、変圧器の一次側が短絡されたのと同じ状態となって、過大電流が過渡的に流れます。この電流を励磁突入電流といいます。

励磁突入電流制御機能（ファジィ推論）

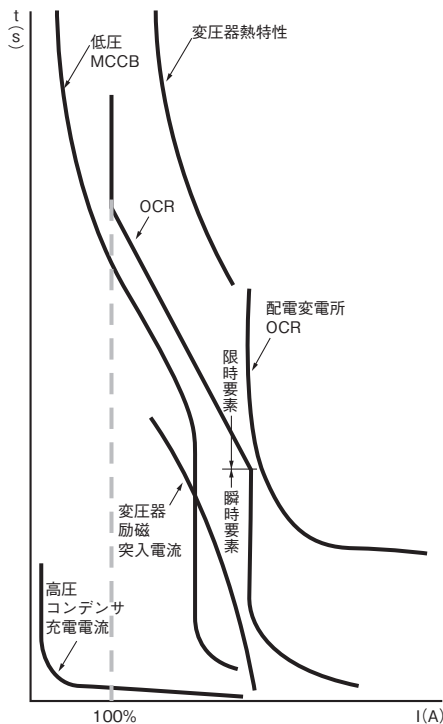
励磁突入電流は波高値が大きく、継続時間も長いので、しゃ断器投入時にOCRが動作してしまう可能性があります。したがって保護協調曲線を描くときに、励磁突入電流を考慮する必要があります。この整定値の決定方法には、次のような考え方があります。

- (1) 励磁突入電流を変圧器定格電流×10倍、0.1秒とし、このポイントを避けて整定する考え方。
- (2) 励磁突入電流の経過時間後の電流値より曲線を描き、この曲線を避けて整定する考え方。

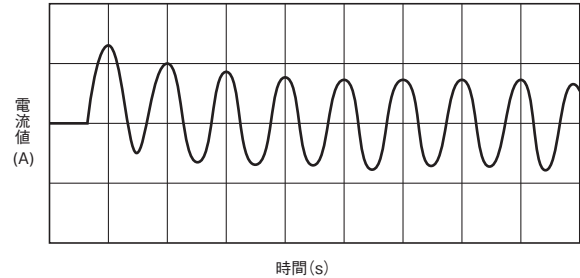
ところで、デジタル形過電流継電器(形K2CA-H)の本機能においては、波形に含まれる高調波成分をファジィ推論で分析することにより、励磁突入電流であるかどうかを高速で判別しています。

その結果、励磁突入電流に対しては、OCRが動作しないように制御します。しかし、変圧器の種類および突入電流位相によっては、前記の判別を完全にすることは困難であり、完全な動作を得るためにも、従来のように保護協調曲線を描き、励磁突入電流を避けるような保護協調曲線を描いてください。

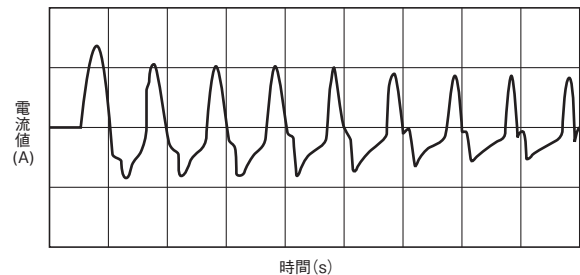
〈保護協調例〉



過電流



励磁突入電流



励磁突入電流は過電流あるいは短絡電流波形に比べ、その波形に含まれる高調波成分に特長があります。すなわち、以下のような考え方をもとにファジィ推論にて判別を可能としています。

	少ない	ふつう	多い
波形歪が大きい	過電流あるいは短絡電流	励磁突入電流	励磁突入電流
波形歪が小さい	過電流あるいは短絡電流	過電流あるいは短絡電流	励磁突入電流

文字記号対比表

	文字記号	用語	文字記号に対応する外国語
変圧器・計器用変成器類	T	変圧器	Transformers
	PCT	電力需給用計器用変成器	Instrument Transformers for Metering Service
	PT	計器用変圧器	Potential Transformers
	CT	変流器	Current Transformers
	ZCT	零相変流器	Zero Phase-sequence Current Transformers
	GPT	接地形計器用変圧器	Grounding Potential Transformers
開閉部・しゃ断器類	PD	コンデンサ形計器用変圧器	Coupling Capacitors Potential Device
	S	開閉器	Switches
	OS	油入開閉器	Oil Switches
	CB	高圧交流しゃ断器	AC Circuit Breakers for 6.6kV or 3.3kV
	OCB	油しゃ断器 (タンク形)	Oil Circuit Breaker
	LOCB	油しゃ断器 (小油量形)	Oil Circuit Breaker
	ABB	空気しゃ断器	Air-blast Circuit Breaker
	GCB	ガスしゃ断器	Gas Circuit Breaker
	MBB	磁気しゃ断器	Magnetic-blast Circuit Breaker
	VCB	真空しゃ断器	Vacuum Circuit Breaker
	ACB	気中しゃ断器	Air Circuit Breaker
	MCCB	配線用しゃ断器	Molded Case Circuit Breaker
	LBS	高圧交流負荷開閉器	AC Load Break Switches for 6.6kV or 3.3kV
	DS	高圧断路器	Disconnecting Switches for 6.6kV or 3.3kV
	PC	高圧カットアウト	Primary Cutout Switches
	MC	電磁接触器	Electromagnetic Contactors
	F	ヒューズ	Fuses
	PF	電力ヒューズ	Power Fuses
	AS	電流計切換スイッチ	Ammeter Change-over Switches
	VS	電圧計切換スイッチ	Voltmeter Change-over Switches
計器類	A	電流計	Ammeters
	V	電圧計	Voltmeters
	WH	電力量計	Watt-hour Meters
継電器類	OCR	過電流継電器	Overcurrent Relays
	GR	地絡継電器	Ground Relays
	DGR	地絡方向継電器	Earth-fault Directional Relays
	OCGR	地絡過電流継電器	Earth-fault Overcurrent Relays
	OVGR	地絡過電圧継電器	Earth-fault Overvoltage Relays
	OVR	過電圧継電器	Overvoltage Relays
	UVR	不足電圧継電器	Undervoltage Relays
	RPR	逆電力継電器	Reverse Power Relays
	UPR	不足電力継電器	Under Power Relays
	OFR	過周波数継電器	Over Frequency Relays
UFR	不足周波数継電器	Under Frequency Relays	
DSR	短絡方向継電器	Directional-overcurrent Relays	

	文字記号	用語	文字記号に対応する外国語	
電線類	OC	屋外用高圧架橋ポリエチレン絶縁電線	Crosslinked Polyethylene Insulated Out-door Wires	
	OE	屋外用高圧ポリエチレン絶縁電線	Polyethylene Insulated Out-door Wires	
	IJ	高圧緑廻し用絶縁電線	Butyl Rubber Insulated Jumper Wires	
	JC	高圧緑廻し用架橋ポリエチレン絶縁電線	Crosslinked Polyethylene Insulated Jumper Wires	
	JP	高圧緑廻し用エチレンプロピレンゴム絶縁電線	Ethylene-propylene Insulated Jumper Wires	
	PD	高圧引下用絶縁電線	Crosslinked Polyethylene Insulated High Voltage Service Drop Wires	
	IV	600V ビニル絶縁電線	Polyvinyl Chloride Insulated Wires	
	CV	高圧架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル	Crosslinked Polyethylene Insulated Polyvinyl Chloride Sheathed Cables	
	CE	高圧架橋ポリエチレン絶縁ポリエチレンシースケーブル	Crosslinked Polyethylene Insulated Polyethylene Sheathed Cables	
	CD	高圧架橋ポリエチレン絶縁CDケーブル	Combined Duct Cables	
ケーブル類	EV	ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル	Polyethylene Insulated Polyvinyl Chloride Sheathed Cables	
	EE	ポリエチレン絶縁ポリエチレンシースケーブル	Polyethylene Insulated Polyethylene Sheathed Cables	
	PV	エチレンプロピレンゴム絶縁ビニルシースケーブル	Ethylene-propylene Rubber Insulated Polyvinyl Chloride Sheathed Cables	
	PN	エチレンプロピレンゴム絶縁クロロプレンシースケーブル	Ethylene-propylene Rubber Insulated Chloroprene Sheathed Cables	
	BN	ブチルゴム絶縁クロロプレンシースケーブル	Butyl Rubber Insulated Poly-chloroprene Sheathed Cables	
	VV	ビニル絶縁ビニルシースケーブル	Polyvinyl Chloride Insulated Polyvinyl Chloride Sheathed Cables	
	PTA		ベルト紙絶縁鉛被鋼帯シースケーブル	Belted Type Paper Insulated, Lead, Sheathed, Steel-Tape Armored Power Cables
			ベルト紙絶縁鉛被鋼帯ビニル防しよくケーブル	Belted Type Paper Insulated, Lead, Sheathed and P.V.C. with Anticorrave Layer Power Cables
	RN	ゴム絶縁クロロプレンシースケーブル	Rubber Insulated Chloroprene Sheathed Cables	
	その他	C	高圧進相コンデンサ	High Voltage Power Capacitors
LA		避雷器	Lightning Arresters	
M		電動機	Motors	
CH		ケーブルヘッド	Cable Heads	
TC		引外レコイル	Tripping Coils	
CC		投入レコイル	Closing Coils	
TT		試験端子	Testing Terminals	
E	接地	Earthing		

自動試験について

この継電器は(株)ムサシインテック製アドバンスト継電器試験器 (AST-2000、2100)で容易に自動試験を行うことができます。

この自動試験では継電器の整定値にあわせて継電器試験器の試験電圧、電流を操作したり規格値と比較したりする手間は必要ありません。簡単な操作で自動的に試験を行い試験結果と規格値との照合を行い、結果をプリントアウトできます。

詳細は、(株)ムサシインテック製アドバンスト継電器試験器の取扱説明書をご覧ください。

パワープロテック	継電器試験器	自動試験可否
形K2CA-H□	AST-2100	○
形K2GS-H 形K2GF-H 形K2VU-H 形K2VA-H	AST-2000	○
形K2GA-□	AST-2000	× *

注. 形式に“-H”のついた機種が自動試験可能です。

*形K2GA-□は自動試験はできませんが、AST-2000のマニュアルモードで試験できます。

アドバンスト継電器試験器(AST-2000~2100)についてのお問い合わせは下記へお願いします。

株式会社ムサシインテック

メーカーHP：<http://www.musashi-in.co.jp/>

サポート：0120-634-109

内部接続図に用いられる図記号の説明

名称	図記号		摘要
	カタログ表記	JISにおける表記	
a接点			継電器入力が印加されていないとき、開路している接点をいう。
b接点			継電器入力が印加されていないとき、開路している接点をいう。
c接点			相互に共通な接点端子を有するa接点、b接点を一括してc接点という。 ①、②は同じ意味。 b接点が右側または上側にくる。
手動操作自動復帰接点			手を離せば復帰する接点で、押ボタンスイッチ操作接点などの接点に用いる。 (押し形、引き形、ひねり形に共通) ①はa接点 ②はb接点
リレー			マグネットリレーを示す。
発光ダイオード			タイマの動作状態表示に用いる。
フォトカプラ			

センサ

スイッチ

セリファイ

リレー

コントロール

FAシステム機器

モーション/ドライブ

省エネ支援
環境対策機器

電源/周辺機器

その他

共通事項